PENERBIT ANDI®

Robert J. Kodoatie & Roestam Sjarief

Tata Ruang Air

- Pengelolaan Bencana
- Pengelolaan Infrastruktur
- Penataan Ruang Wilayah
- Pengelolaan Lingkungan Hidup

Tata Ruang Air

Robert J. Kodoatie
Roestam Sjarief

Penerbit ANDI Yogyakarta

V

Tata Ruang Air

Oleh: Robert J. Kodoatie & Roestam Syarief

Desain Cover : Bowo
Korektor : Suci Nurasih / Aktor Sadewa

Penerbit: C.V ANDI OFFSET (Penerbit ANDI)
Jl. Beo 38-40, Telp. (0274) 561881 (Hunting), Fax. (0274) 588282 Yogyakarta 55281

Percetakan: ANDI OFFSET
Jl. Beo 38-40, Telp. (0274) 561881 (Hunting), Fax. (0274) 588282 Yogyakarta 55281

Perpustakaan Nasional: Katalog dalam Terbitan (KDT)

Kodoatie, Robert J.

Tata Ruang Air / Robert J. Kodoatie & Roestam Syarief;

– **Ed. I .** – Yogyakarta: ANDI,

xiv 18 17 16 15 14 13 12

xvi + 538 hlm.; 19 x 23 Cm.

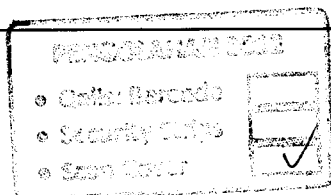
10 9 8 7 6 5 4 3 2

ISBN: 978 – 979 – 29 – 1242 – 5

I. Judul

1. Hydrological Cycle

2. Syarief, Roestam

DDC'21 : 551.48

Terima kasih dan syukur kami haturkan padaMU,
Ya Tuhan Yang Maha Pengasih Dan Penyayang
atas tersusunnya untaian kata-kata.
Semoga bermanfaat untuk sesama

"*Water is the best of all things*", Pindar

Mengelola air adalah kompleks
sama dengan persoalan kehidupan.

Maka kalau bisa dibuat mudah,
mengapa harus dibuat sulit?

Buku ini dipersembahkan untuk
- *Woro, Prima dan Wisnu*
- *Karen, Nadine dan Nathania*

Kata Pengantar

Buku ini mengulas berbagai hal tentang Tata Ruang Air, baik air di ruang udara, ruang darat dan ruang laut.

Mengacu pada definisi tata ruang maka "tata ruang air" dapat didefinisikan sebagai wujud struktur ruang air dan pola ruang air. Struktur ruang air adalah susunan pusat-pusat air dan sistem infrastruktur keairan. Pola ruang air adalah distribusi peruntukan ruang air dalam suatu wilayah bisa Daerah Aliran Sungai (DAS), Cekungan Air Tanah (CAT) ataupun Wilayah Sungai (WS) yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung sumber daya air (daerah konservasi dalam DAS dan atau daerah imbuhan/*recharge area* dalam CAT) dan peruntukan ruang untuk fungsi budi daya sumber daya air (pendayagunaan sumber daya air dalam DAS dan atau daerah luahan/*discharge area* dalam CAT).

Wujud struktur dan pola ruang air ini selaras dan sesuai siklus alami perjalanan air baik kuantitas maupun kualitas yang dikenal dengan Siklus Hidrologi. Oleh karena itu tujuan Tata Ruang Air adalah menata ruang tempat berlangsungnya siklus hidrologi agar secara alamiah dan *man-made* keberadaan air dapat terus berkelanjutan dan terbaharukan (*renewable*) dalam kuantitas dan kualitas yang "normal".

Kondisi kuantitas dan kualitas air yang tidak normal yang mencerminkan terganggunya siklus hidrologi telah menimbulkan "3 T" masalah klasik air "*too much* (yang menimbulkan banjir), *too litle* (yang menimbulkan kekeringan) dan *too dirty* (yang menimbulkan pencemaran air)".

Tiga masalah klasik air ini cenderung telah menjadi ekstrim pada akhir-akhir ini yang berpotensi akan menjadi masalah besar bagi umat manusia yaitu rusaknya keseimbangan alam yang akan menghancurkan kehidupan umat manusia (kiamat kecil dan kiamat yang sebenarnya).

Salah satu wujud kerusakan keseimbangan alam yang terkait dengan terganggunya dan rusaknya siklus hidrologi ini adalah bentuk fenomena penyimpangan iklim sebagai akibat pemanasan global yang diinduksi dan distimulasi oleh tingginya tingkat emisi (akibat pencemaran udara) yang berada di ruang atmosfir bumi. Dalam buku ini disebut sebagai ruang air udara, ruang terjadinya siklus hidrologi di udara. Penyebab peningkatan emisi di atmosfir adalah oleh berbagai kegiatan manusia di bumi khususnya yang melalui siklus hidrologi kemudian berbalik memberikan dampak terjadinya fenomena iklim ekstrim La-Nina dan El-Nino dan juga badai dan topan yang menimbulkan banjir dan kekeringan ekstrim di darat dan berbagai bencana alam terkait air (*water related disaster*) seperti banjir bandang, longsor dan kekeringan.

Kegiatan manusia di darat (kegiatan industri, transportasi, pertanian, penebangan, kebakaran hutan, dll.) yang pada awal hakekatnya bertujuan untuk pemenuhan kebutuhan hidup, kemudian berbalik menimbulkan berbagai bencana terkait air di darat. Hal ini juga dapat dikatakan merupakan "hasil kerja" siklus hidrologi yang telah rusak dengan terganggu prosesnya.

Kuantitas air (dan juga kualitas air) yang normal dan ekstrim yang jatuh ke daratan dalam bentuk hujan harus dikelola di ruang air di darat, di ruang-ruang DAS untuk air permukaan, CAT untuk air tanah, maupun WS untuk pengelolaan sumber daya air, sedemikian rupa melalui penataan ruang air di darat sehingga hujan yang jatuh di darat dapat sebanyak mungkin disimpan dan diresap baik di permukaan maupun dalam bumi.

Ruang darat untuk air yang paling ideal dan alami adalah bawah permukaan bumi (ruang aliran air tanah) yang dikenal dengan nama Cekungan Air Tanah/ CAT (*groundwater basin*) yang terbagi atas akuifer tak tertekan (*unconfined aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*).

Secara alami aliran air tanah ini yang merupakan sumber air yang lestari di musim kemarau menjadi aliran dasar (*base flow*) sungai. Terjaganya aliran dasar ini secara optimal dapat mencegah terjadinya kekeringan di musim kemarau dan di samping itu juga meningkatkan kemampuan dilusi sungai yang dapat meningkatkan kualitas air.

Peresapan air yang maksimal ke dalam permukaan bumi mengakibatkan air yang mengalir di permukaan bumi (*run-off*) menjadi minimal sehingga mengurangi resiko banjir. Pengelolaan air yang ideal seperti itu yang sekaligus dapat mengurangi dan mengendalikan 3T masalah klasik air menuntut perlunya penataan ruang air di darat yang merupakan bagian utama yang akan di ulas dalam buku ini. Ruang air di darat yang menjadi bagian dari siklus hidrologi di darat perlu dikenal dan dialokasikan dan tidak dipertentangkan dengan ruang untuk kepentingan kegiatan sosial, budaya dan ekonomi manusia, dan terutama ditujukan untuk kepentingan menciptakan terjadinya proses siklus hidrologi yang ideal di daratan yaitu untuk mengoptimalkan resapan air hujan kedalam tanah sehingga *run-off* minimal.

Fungsi ruang air di laut selain merupakan sumber penyumbang penguapan terbesar dalam proses siklus hidrologi, adalah juga karena lautan dapat menyerap emisi, melalui mekanisme alam tertentu secara sangat berarti (± 50% dari emisi yang ada di atmosfir).

Buku ini menjelaskan ruang air di udara, di darat, dan di laut, yang perlu ditata sesuai dengan prinsip-prinsipnya yang benar agar siklus hidrologi dapat berlangsung secara normal dan berkelanjutan.

Dalam buku ini diperkenalkan sebagai suatu konsep "Tata Ruang Air" yaitu penataan ruang untuk kepentingan air yang tidak boleh dikorbankan dan dipertentangkan dengan kepentingan ruang untuk manusia.

Dalam pengertian ini, banjir misalnya dapat dilihat sebagai suatu fenomena, konflik kepentingan runag antara manusia dengan air di mana sebenarnya daerah-daerah rawan banjir di darat yang pada umumnya merupakan dataran rendah adalah ruang air secara alamiah, tetapi akibat tekanan kependudukan diokupasi dan ditempati oleh manusia secara ilegal maupun legal sehingga khususnya pada musim hujan ketika air datang untuk menempati rumahnya baik secara sementara maupun permanen, timbul konflik ruang dengan manusia. Ironisnya air yang sebenarnya menjadi korban (karena rumahnya ditempati manusia) justru sebaliknya dianggap sebagai sumber bencana bagi manusia sehingga manusia yang bergerak sebagai korban. Ruang-ruang air di darat yang dibanyak tempat, mulai dari hulu hingga hilir dan di muara wilayah sungai, telah menjadi sumber konflik kepentingan ruang antara manusia dan air. Dalam kasus semacam ini terlihat ruang untuk air selalu dikorbankan untuk kepentingan manusia. Kondisi ruang seperti ini harus ditata kembali agar air tidak lagi menjadi "musuh" tetapi tetap merupakan "teman" berkah bagi umat manusia karena air adalah sumber kehidupan manusia bahkan tiada kehidupan di bumi ini tanpa air. Ruang air yang perlu ditata ini menyangkut tidak hanya dalam arti menetapkan fungsi dengan penggunaan ruang yang ideal untuk menormalisasi siklus hidrologi, tetapi juga berbagai aspek pengelolaan ruang yang lain terkait dengan aspek hukum, lingkungan, teknis, sosial dan ekonomi.

Pengelolaan sumber daya air adalah kompleks dari tinjauan banyak hal, meliputi: dimensi-dimensi ruang dan waktu, keterlibatan berbagai *stakeholders*, berbagai disiplin ilmu (teknik, sosial, budaya, ekonomi, lingkungan, kelembagaan dan hukum dll.). Demikian pula dalam penataan ruang, pengelolaan pesisir/pantai, pengurusan hutan dan lainnya.

Pengelolaan sumber daya air dan pengelolaan-pengelolaan yang lain dari sisi peraturan perundangannya pada hakekatnya bertujuan untuk pencapaian kesejahteran sosial bagi seluruh rakyat Indonesia dengan implementasi simultan antara pembangunan berkelanjutan dan keberlanjutan ekologi.

Dengan melihat demikian kompleksnya penyelenggaraan pengelolaan sumber daya air maupun aspek-aspek yang lain seperti penataan ruang, pengelolaan pesisir/pantai, pengurusan hutan dan juga dengan memperhatikan tujuan tersebut maka perlu ada harmonisasi dan integrasi (keterpaduan) antara pengelolaan sumber daya air dan aspek-aspek tersebut. Dengan harapan agar tujuan agung dari masing-masing pengelolaan baik secara individu maupun bersama dapat tercapai seperti yang diharapkan.

Untuk hal tersebut maka keterkaitan dan hubungan baik langsung maupun tidak langsung antara sumber daya air dengan aspek-aspek lainnya diuraikan. Proses, perjalananan, keberadaan, persoalaan dan solusi serta hal-hal yang lain untuk "air" sebagai bagian utama dalam pengelolaan diuraikan dalam bentuk tiga dimensi (ruang) baik ruang udara, ruang darat maupun ruang laut.

Buku ini diharapkan dapat dipakai sebagai salah satu referensi, informasi atau manfaat-manfaat lainnya (diantaranya buku ajar, rujukan) oleh *stakeholder* tersebut.

Semua mengetahui bahwa untuk pencapaian tujuan ideal bahkan sempurna adalah sesuatu yang tidak mungkin karena keterbatasan dari kita sebagai mahkluk Tuhan yang tidak sempurna.

Disadari bahwa buku kecil ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangannya, tetapi penulis berasa agar buku ini dapat bermanfaat.

Daftar Isi

BAB 1
RUANG UNTUK AIR

1.1 Tiada Kehidupan Tanpa Air

Air adalah zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain dalam Sistem Tata Surya dan menutupi hampir 71% permukaan bumi (http://id.wikipedia.org/wiki/Air, 2009; Matthews, 2005). Ujudnya bisa berupa cairan, es (padat) dan uap/gas. Dengan kata lain karena air, maka Bumi menjadi satu-satunya planet dalam Tata Surya yang memiliki kehidupan (Parker, 2007).

Manusia dan semua mahkluk hidup lainnya butuh air. Air merupakan material yang membuat kehidupan terjadi di bumi. Menurut dokter dan ahli kesehatan manusia wajib minum air putih 8 gelas per hari. Tumbuhan dan binatang juga mutlak membutuhkan air. Tanpa air keduanya akan mati. Sehingga dapat dikatakan air merupakan salah satu sumber kehidupan. Dengan kata lain air merupakan zat yg paling esensial dibutuhkan oleh makhluk hidup. Juga dapat dikatakan bahwa air adalah Karunia Tuhan Yang Maha Esa.

Semua organisme yang hidup tersusun dari sel-sel yang berisi air sedikitnya 60 % dan aktivitas metaboliknya mengambil tempat di larutan air (Enger dan Smith, 2000). Dapat disimpulkan bahwa untuk kepentingan manusia dan kepentingan komersial lainnya, ketersediaan air dari segi kualitas maupun kuantitas mutlak diperlukan.

Untuk tanaman, kebutuhan air juga mutlak. Pada kondisi tidak ada air terutama pada musim kemarau tanaman akan segera mati. Sehingga dalam pertanian disebutkan bahwa kekeringan merupakan bencana terparah dibandingkan bencana lainnya. Bila kebanjiran, tanaman masih bisa hidup, kekurangan pupuk masih bisa diupayakan.

Air juga merupakan bagian penting dari sumber daya alam yang mempunyai karakteristik unik dibandingkan dengan sumber daya lainnya. Air bersifat sumber daya yang terbarukan dan dinamis. Artinya sumber utama air yang berupa hujan akan selalu datang sesuai dengan waktu atau musimnya sepanjang tahun.

Namun pada kondisi tertentu air bisa bersifat tak terbarukan, misalnya pada kondisi geologi tertentu di mana proses perjalanan air tanah membutuhkan waktu ribuan tahun, sehingga bilamana pengambilan air tanah secara berlebihan, air akan habis.

Oleh karena itu tidak berlebihan bila dikatakan oleh Pindar "*Water is the best of all things*".

1.2 Proses Perjalanan Air Dan Siklus Hidrologi

Air secara alami mengalir dari hulu ke hilir, dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Air mengalir di atas permukaan tanah namun air juga mengalir di dalam tanah.

Air juga dapat berubah ujud: dapat berupa zat cair sesuai dengan nama atau sebutannya "air", dapat berupa benda padat yang disebut "es", dan dapat pula berupa gas yang dikenal dengan nama "uap air". Perubahan fisik bentuk air ini tergantung dari lokasi dan kondisi alam. Ketika dipanaskan sampai 100°C maka air berubah menjadi uap dan pada suhu tertentu uap air berubah kembali menjadi air. Pada suhu yang dingin di bawah 0°C air berubah menjadi benda padat yang disebut es atau salju. Air dapat juga berupa air tawar (*fresh water*) dan dapat pula berupa air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan ujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi. Proses perjalanan air secara umum dilukiskan dalam Gambar 1-1.

Contoh *budget* hidrologi di AS

No	Uraian	m³/dt
I	atmosfir	1,753
II	hujan	184
III	evapotranspirasi	123
IV	aliran sungai	54
V	ap + at	57
VI	konsumsi	4
	II = III + V + VI	184

Sumber: USGS dalam Viessman & Lewis (2003)

Gambar 1-1. Proses perjalanan air dalam Siklus Hidrologi (Mays, 2001; Maidment, 1993; Grigg, 1996; Viessman & Lewis, 2003; Kodoatie & Sjarief, 2007 dengan modifikasi)

Mengacu Gambar 1-1 proses perjalanan air dijelaskan sebagai berikut.

1. Penguapan/evaporasi: Terjadi pada air laut karena panas matahari yang merupakan sumber air terbesar. Evaporasi juga terjadi pada sungai, danau, rawa, tambak, embung, situ-situ, waduk, dll.
2. Evapotranspirasi: Air diambil oleh tanaman melalui akar-akarnya yang dipakai untuk kebutuhan hidup dari tanaman tersebut disebut dengan transpirasi, lalu air di dalam tanaman juga keluar berupa uap akibat energi panas matahari (evaporasi). Proses pengambilan air oleh akar tanaman kemudian terjadinya penguapan dari tanaman disebut sebagai evapo-transpirasi.
3. Hujan turun: Uap air akibat dari evaporasi dan evapo-transpirasi bergerak di atmosfir (udara) kemudian akibat perbedaan temperatur di atmosfir dari panas menjadi dingin maka air akan terbentuk akibat kondensasi dari uap menjadi keadaan cairan (*from air to liquid state*). Bila temperatur berada di bawah titik beku (*freezing point*) kristal-kristal es terbentuk. Tetesan air kecil (*tiny droplet*) tumbuh oleh kondensasi dan berbenturan dengan tetesan air lainnya dan terbawa oleh gerakan udara turbulen

sampai pada kondisi yang cukup besar menjadi butir-butir air. Apabila jumlah butir air sudah cukup banyak dan akibat berat sendiri (secara gravitasi) butir-butir air itu akan turun ke bumi dan proses turunnya butiran air ini disebut dengan hujan. Bila temperatur udara turun sampai di bawah 0^0 Celcius, maka butiran air akan berubah menjadi salju (Chow dkk., 1988).

4. Air hujan di tanaman: Air hujan jatuh atau mengalir melalui tanaman. Bila tanaman cukup rimbun maka perlu waktu yang relatif lama untuk air mencapai tanah. Waktu air mengalir melalui tanaman berbeda-beda untuk tiap jenis tanaman.
5. Aliran permukaan (*run-off*): Secara gravitasi (alami) air mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah, dari gunung-gunung, pegunungan ke lembah, lalu ke daerah lebih rendah, sampai ke daerah pantai dan akhirnya akan bermuara ke laut (dapat juga bermuara ke danau). Aliran air ini disebut aliran permukaan tanah karena bergerak di atas muka tanah.
6. Banjir/genangan: Terjadi banjir dan genangan akibat luapan sungai atau drainase yang tak mampu mengalirkan air. Banjir atau genangan juga terjadi di daerah rendah berupa cekungan atau retensi.
7. Aliran sungai: Aliran permukaan biasanya akan memasuki daerah tangkapan air (*catchment area*) atau daerah aliran sungai (DAS) menuju ke sistem jaringan sungai. Dalam sistem sungai aliran mengalir mulai dari sistem sungai yang kecil menuju ke sistem sungai yang besar dan akhirnya akan menuju mulut sungai atau sering disebut estuari yaitu tempat bertemunya sungai dengan laut. Dapat juga berakhirnya sistem sungai di danau.
8. Transpirasi: Seperti telah diuraikan di 2., air dalam tanah diambil oleh tanaman melalui akar-akarnya yang dipakai untuk kebutuhan hidup dari tanaman tersebut.
9. Kapiler: Air dalam tanah mengalir dari aliran air tanah karena mepunyai daya kapiler untuk menaikkan air ke *vadose zone* menjadi butiran air tanah (*soil moisture*), demikian juga butiran air tanah ini naik secara kapiler ke permukaan tanah.
10. Infiltrasi: Sebagian dari air permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah dalam bentuk infiltrasi.
11. Aliran antara (*interflow*): Yaitu air di daerah *vadose zone* yang mengalir menuju jaringan sungai, waduk, situ2, danau.
12. Aliran dasar (*base flow*): Yaitu aliran air tanah yang mengisi sistem jaringan sungai, waduk, situ2, rawa, dan danau.
13. Aliran *run-out*: Yaitu aliran air tanah yang langsung menuju ke laut.
14. Perkolasi: Air dari *soil moisture* di daerah *vadose zone* yang mengisi aliran air tanah.
15. Kapiler: Yaitu aliran dari air tanah yang mengisi *soil moisture*.

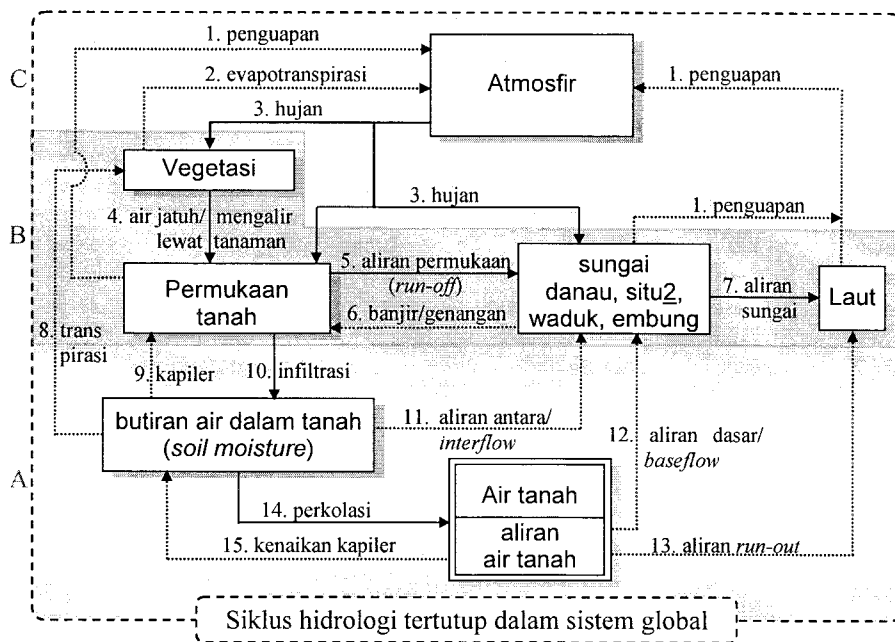
Perjalanan air tersebut berada dalam ruang baik; ruang darat, ruang laut, dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi. Dikaitkan dengan istilah dalam penataan ruang, air dalam proses perjalanannya ada, berinteraksi dan dalam tata ruang yang berupa wujud struktur ruang dan pola ruang. Dalam wujud struktur ruang, air mengalir pada/dalam susunan pusat-pusat permukiman dan sistem jaringan prasarana dan sarana (infrastruktur). Dalam wujud pola ruang, perjalanan air melalui dan berinteraksi dengan distribusi peruntukan ruang dalam suatu wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan peruntukan ruang untuk fungsi budi daya.

Di daerah tangkapan/imbuhan (*recharge area*) air tanah, air dari permukaan tanah meresap ke dalam tanah mengisi akuifer baik akuifer bebas (*unconfined aquifer*) maupun akuifer tertekan (*confined aquifer*). Di daerah pelepasan/luahan (*discharge area*) air tanah keluar dengan berbagai cara, misalnya menjadi mata air, air di dalam sumur dangkal maupun air di dalam sumur bor (sumur dalam) atau menjadi aliran dasar (*base flow*).

Dari Gambar 1-1 juga menunjukkan keseimbangan aliran air baik yang berupa uap/gas atau air yaitu mulai dari evaporasi dari laut, butiran air di udara, hujan (di laut & di darat, aliran permukaan & aliran air tanah (A+B+C+D = E+F+G).

a. Siklus tertutup

Siklus hidrologi seperti ditunjukkan dalam Gambar 1-1 merupakan konsep dasar tentang keseimbangan air secara global di bumi. Siklus hidrologi juga menunjukkan semua hal yang berhubungan dengan air. Bila dilihat keseimbangan air secara menyeluruh maka air tanah (dalam *confined* dan *unconfined aquifers*) dan aliran permukaan: sungai, danau, penguapan dll. merupakan bagian-bagian dari beberapa aspek yang menjadikan siklus hidrologi menjadi seimbang sehingga disebut dengan siklus hidrologi yang tertutup *(closed system diagram of the global hydrological cycle*).

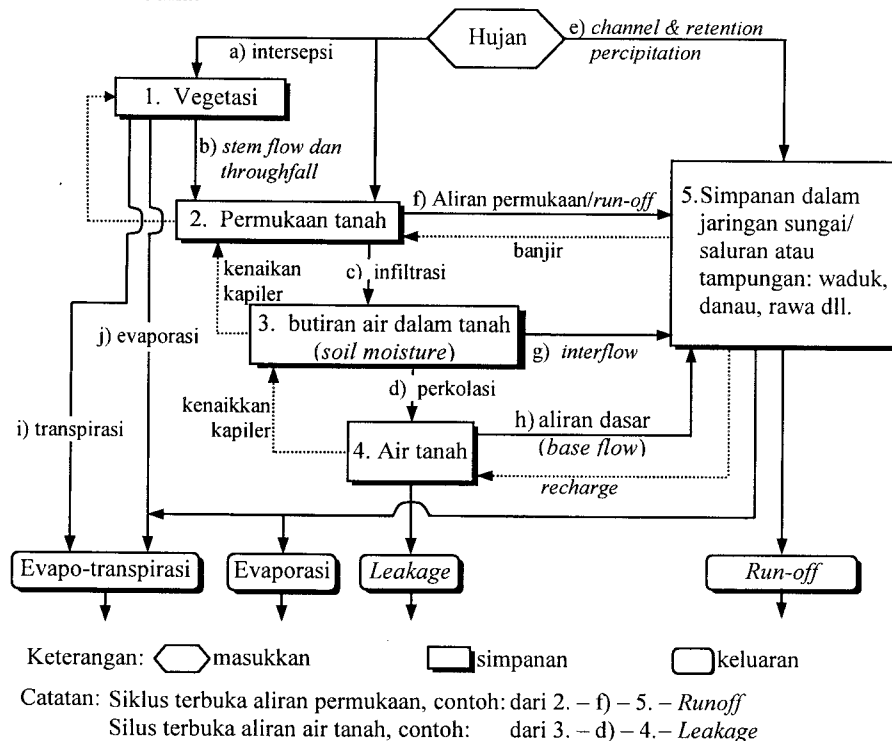
Secara diagram siklus hidrologi ditunjukkan dalam Gambar 1-2.

Keterangan: A dalam tanah, B di atas tanah, C di udara

Gambar 1-2. Siklus hidrologi tertutup (Toth, 1990; Chow dkk., 1988)

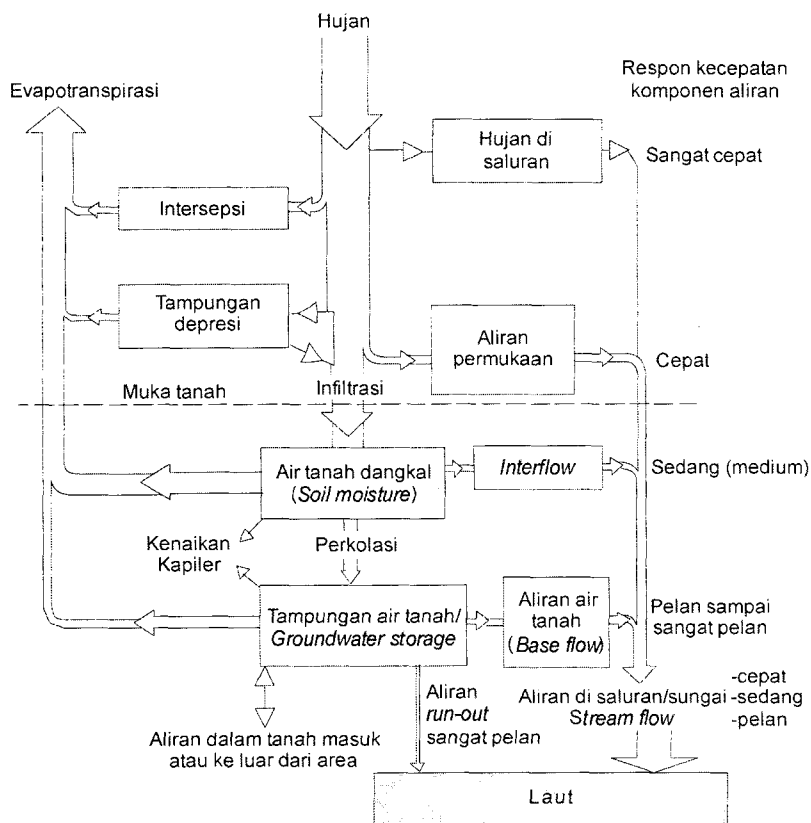
b. Siklus terbuka

Pada lokasi tertentu, aliran air permukaan dapat merupakan satu atau lebih sub-sistem dan tidak lagi tertutup, karena sistem tertutup itu dipotong pada suatu bagian tertentu dari seluruh sistem aliran permukaan. Transportasi aliran di luar bagian aliran air permukaan merupakan masukan dan keluaran dari sub sistem aliran air permukaan tersebut.

Demikian juga untuk aliran air tanah bisa merupakan satu atau lebih sub-sistem dan tidak lagi tertutup, karena sistem tertutup itu dipotong pada suatu bagian tertentu dari seluruh sistem aliran. Transportasi aliran di luar bagian aliran air tanah merupakan masukan dan keluaran dari sub sistem aliran air tanah tersebut.

Gambar 1-3 menunjukkan gabungan sub-sistem aliran air tanah, aliran permukaan dan hidrologi yang merupakan sub-sistem terbuka.

Gambar 1-3. Aliran permukaan dan aliran air tanah dalam sistem terbuka pada suatu lokasi tertentu (Lewin, 1985 dalam Toth, 1990)

Dengan melihat besaran relatif rata2 air yang lewat dan respon kecepatan komponen aliran, secara diagram Gambar 1-1 dan Gambar 1-2 diilustrasikan seperti dalam Gambar 1-4 berikut ini (Solomon & Cordery, 1984 dalam Maidment, 1993).

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 1-4, air mulai dari hujan yang turun (*precipitation*) lalu mendekati muka tanah, jumlahnya terdistribusi menjadi intersepsi (lewat vegetasi), hujan di saluran (*channel precipitation/pptn*), tampungan depresi (*depression storage*), aliran permukaan (*surface run-off*) dan infiltrasi ke dalam tanah. Dari distribusi tersebut terlihat bahwa besaran air yang terinfiltrasi adalah yang paling besar dibandingkan dengan yang lainnya. Infiltrasi ini terjadi di DAS. Oleh karena itu untuk memanen air hujan (*rainfall haversting*), faktor DAS tersebut menjadi penting.

Catatan: Lebar anak panah menunjukkan besaran relatif rata2 air yang lewat dalam siklus hidrologi.

Gambar 1-4. Diagram siklus hidrologi (Solomon & Cordery, 1984 dalam Maidment, 1993)

Faktor penutup lahan juga mempunyai peran yang penting dalam proses infiltrasi. Apabila penutup lahan DAS berupa vegetasi yang lebat maka vegetasi ini menghambat aliran permukaan, sehingga proses infiltrasi bisa berlangsung sampai optimal. Namun apabila penutup lahan berupa lapisan kedap air misal lantai beton, rumah atau bangunan maka aliran permukaan akan menjadi besar dan tidak ada air yang bisa terinfiltrasi.

Perlu juga diperhatikan bahwa kecepatan infiltrasi air bisa jauh lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan aliran permukaan. Kecepatan infiltrasi tergantung dari jenis tanah (lempung, lanau atau pasir) mulai dari 1/1.000.000.000.000 atau 10^{-13} m/detik sampai 1/100 atau 0,001 m/detik. Sedangkan kecepatan *run-off* bisa mulai dari 0 (nol berarti diam), 1/10, 1 bahkan bisa mencapai 10 m/detik tergantung dari kemiringan lahan, tinggi aliran, penutup lahan (vegetasi, bangunan, lantai beton dll.) dan material yang dibawa dalam aliran air (Freeze and Cherry, 1979; Kodoatie & Sjarief, 2006 dengan elaborasi).

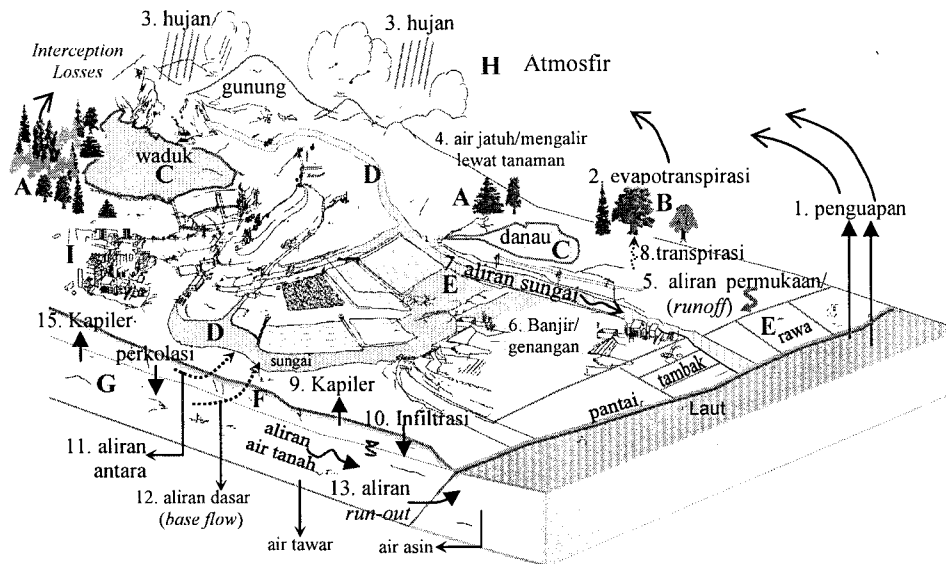
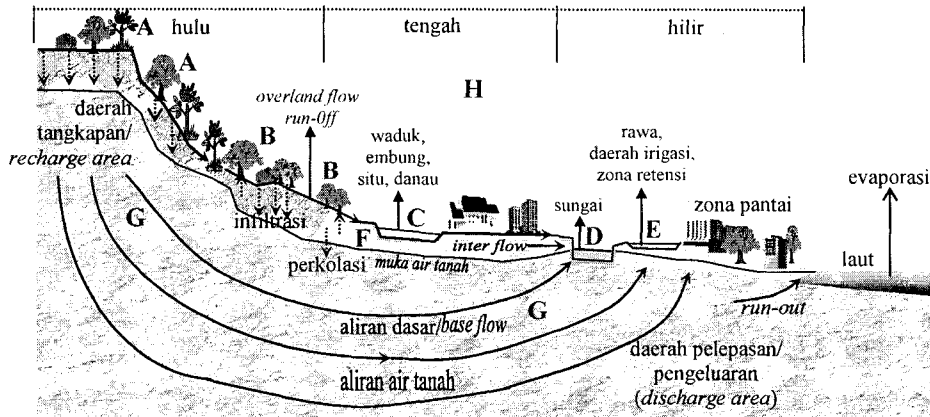
1.3 Siklus Hidrologi Dan Tampungan

Dari sudut pandang ketersediaan air maka siklus hidrologi dapat dipandang juga dari sisi tampungan (*storage*). Hal ini sangat penting di dalam upaya untuk menampung air tawar se-banyak2-nya dari air hujan sebagai sumber utama dalam siklus tersebut.

Tampungan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut (Brooks dkk., 1991; Dunne & Leopold, 1978; Kodoatie & Sjarief, 2008):

A. Tampungan intersepsi/*interception storage.*
B. Tampungan di tanaman/*storage in plants.*
C. Tampungan di atas permukaan tanah (*surface storage – on soil*).
D. Tampungan jaringan sungai/*channel storage.*
E. Tampungan di atas permukaan tanah (*surface storage – on soils*).
F. Tampungan di zona tak jenuh/*vadose zone storage.* di atas muka air tanah sampai permukaan tanah.
G. Tampungan air tanah/*groundwater storage* di bawah muka air tanah.
H. Tampungan di atmosfir.
I. Tampungan di gudang[2] air minum kemasan, gedung2, dll., *storage* rumah tangga.

Dengan mengetahui tampungan (wadah) air maka untuk perencanaan pengelolaan sumber daya air, perjalanan air secara alami (secara gravitasi) dengan mengekplorasi siklus hidrologi ke pada tampungan, dapat ditentukan di mana wadah air itu sekaligus juga diketahui berapa besar kapasitas dari wadah tersebut. Hal tersebut juga dapat dipakai sebagai salah satu referensi penentuan tata guna lahan dalam perencanaan tata ruang air, penataan ruang, pengurusan hutan dan pengelolaan wilayah pesisir (pantai).

Siklus hidrologi dan tampungan tersebut ditunjukkan dalam Gambar 1-5.

a. Denah tampungan dalam siklus hidrologi

b. Potongan tampungan dalam siklus hidrologi

Keterangan Gambar a. dan Gambar b.:	E. Tampungan di atas permukaan tanah (*surface storage – on soils*) misal rawa
A. Tampungan intersepsi/*interception storage*	F. Tampungan di zona tak jenuh/*vadose zone storage* di atas muka air tanah sampai permukaan tanah
B. Tampungan di tanaman/*storage in plants*	G. Tampungan air tanah/*groundwater storage*
C. Tampungan di atas permukaan tanah (*surface storage – on soil*)	H. Tampungan di atmosfir
D. Tampungan jar. sungai/*channel storage*	I. Tampungan di gudang2 air minum kemasan, gedung2, dll

Gambar 1-5. Tampungan dalam siklus hidrologi (Brooks dkk., 1991; Dunne & Leopold, 1978; Kodoatie & Sjarief, 2008)

1.4 Jumlah dan Komposisi Air

1.4.1 Jumlah Air

Secara garis besar total volume air yang ada yaitu air asin dan air tawar di dunia adalah 1.385.984.610 km^3, terdiri atas (UNESCO, 1978 dalam Chow dkk., 1988):

- Air laut (air asin) : 1.338.000.000 km^3 atau 96.54 % } 100%
- Lainnya (air tawar + asin) : 47.984.610 km^3 atau 3.46 % } 100%
- Air asin di luar air laut : 12.955.400 km^3 atau 0.93 % } 3.46%
- Air tawar : 35.029.210 km^3 atau 2.53 % } 3.46%

Jumlah total air tawar di dunia, di luar es di kutub, di luar es lainnya dan salju adalah 10.665,11x10^3 km^3 dengan rincian air tanah tawar 98,73% dan air tanah dangkal 0,15%. Sisanya sebanyak 1,11 % terdiri dari: danau tawar (0.85%), rawa/payau (0.11%), sungai (0.02%), air biologi (0.01%), dan air di udara (0.12%). Perinciannya ditunjukkan dalam Tabel 1-1.

Tabel 1-1. Jumlah air di dunia (UNESCO, 1978 dalam Chow dkk., 1988)

No.	Tempat	Area (10^6 km^2)	Volume (10^3 km^3)	% thd. total air yang ada	% thd. total air tawar
1.	*Laut*	*361,3*	*1.338.000,00*	*96,5379*	
2.	Air tanah				
	a. Tawar	134,8	10.530,00	0,7597	30,061
	b. Asin	*134,8*	*12.870,00*	*0,9286*	
3.	Air di tanah dangkal (*Soil Moisture*)	82,0	16,50	0,0012	0,047
4.	Es di Kutub	16,0	24.023,50	1,7333	68,581
5.	Es lainnya dan salju	0,3	340,60	0,0066	0,972
6.	Danau				
	a. Tawar	1,2	91,00	0,0066	0,260
	b. Asin	*0,8*	*85,40*	*0,0062*	
7.	Rawa /payau	2,7	11,47	0,0008	0,033
8.	Sungai	148,8	2,12	0,0002	0,006
9.	Air biologi	510,0	1,12	0,0001	0,003
10.	Air di udara	510,0	12,90	0,0009	0,037
	Total Air Yang Ada	510,0	1.385.984,61	100	
	Total Air Tawar	148,8	35.029,21	2,5274	100

Catatan: yang tercetak miring dalam Bahasa Indonesia berarti air asin

Tabel 1-1 menunjukkan es di Kutub (baik Utara dan Selatan) merupakan sumber terbesar air tawar lalu diikuti dengan air tanah.

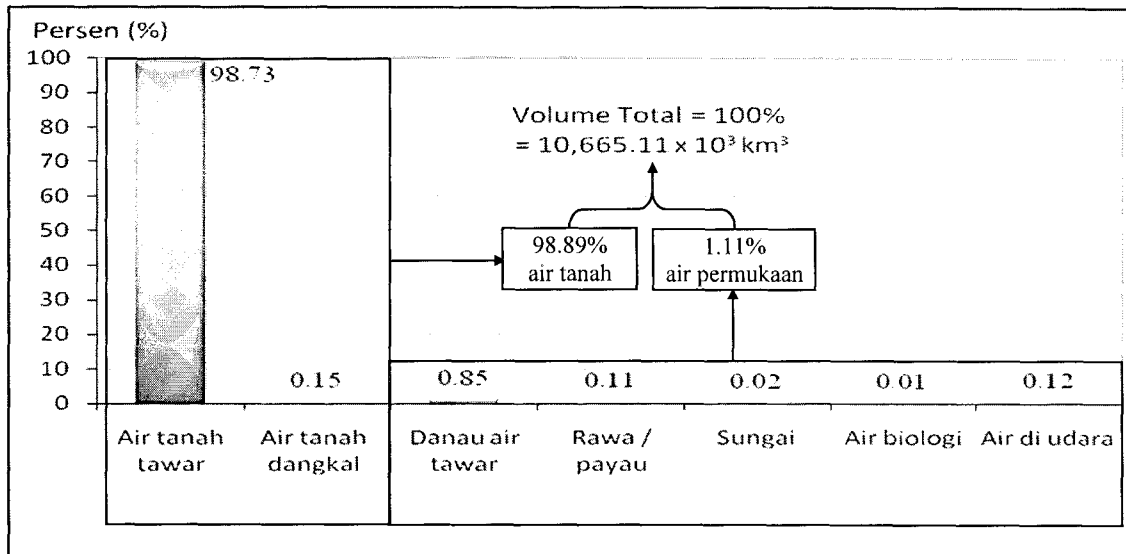
Dari Tabel 1-1, bila hanya dilihat jumlah air tawar di luar kutub dan di luar es lainnya maka perinciannya ditunjukkan dalam Tabel 1-2.

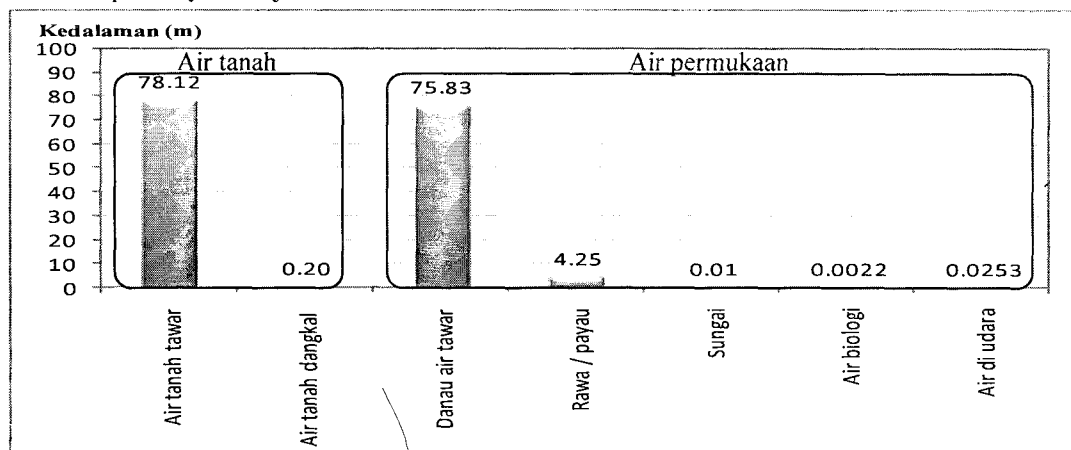
Tabel 1-2. Jumlah air tawar di luar kutub dan di luar es lainnya dan salju (UNESCO, 1978 dalam Chow dkk., 1988)

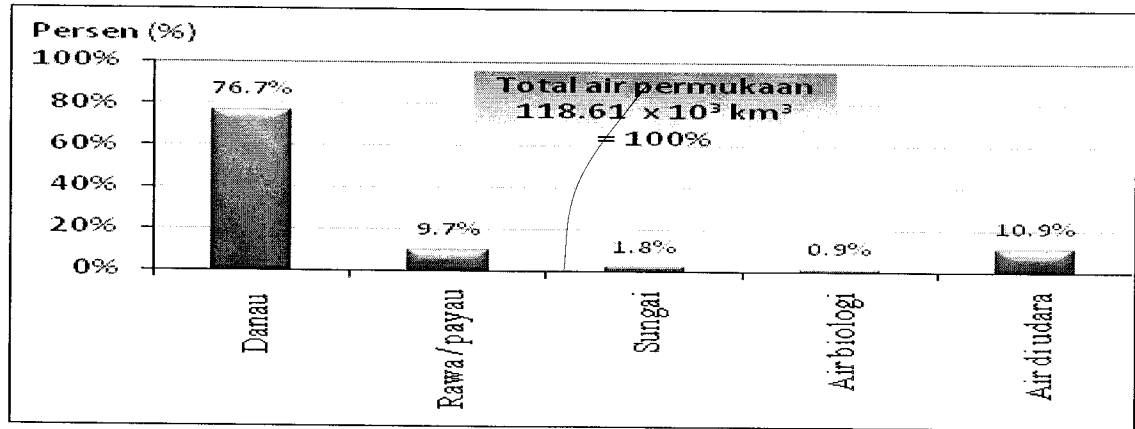
No.	Tempat	Luas (10^6 km^2)	Volume (10^3 km^3)	Kedalaman/ ketinggian (m)	% thd. total air tawar	Total %
1	Air tanah tawar	134.8	10,530.00	78.12	98.73	98.89
2	Air tanah dangkal	82.0	16.50	0.20	0.15	
3	Danau air tawar	1.2	91.00	75.83	0.85	1.11
4	Rawa / payau	2.7	11.47	4.25	0.11	
5	Sungai	148.8	2.12	0.01	0.02	
6	Air biologi	510.0	1.12	0.0022	0.01	
7	Air di udara	510.0	12.90	0.0253	0.12	
	Total Air Tawar	510.0	10,665.11	158.44	100	100.00

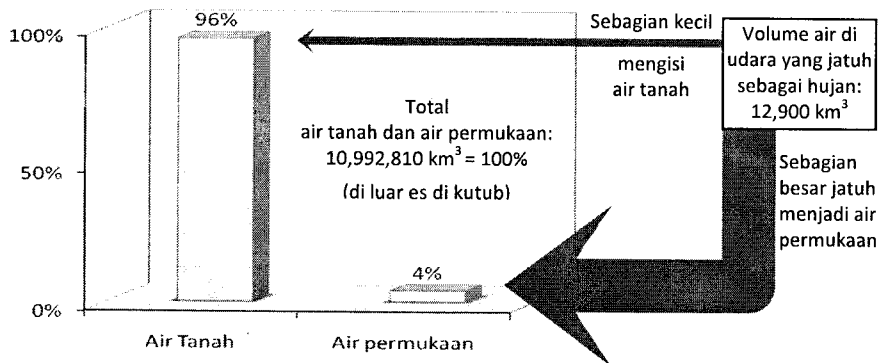
Tabel 1-2 menunjukkan bahwa air tanah diluar es merupakan sumber air terbesar, yaitu 98.89 % dibandingkan dengan total air permukaan yang hanya 1.11 %.

1.4.2 Komposisi Air Permukaan dan Air Tanah

Komposisi dan rincian air tawar (di luar kutub dan di luar es lainnya dan salju) baik air permukaan (termasuk air di udara yang menjadi hujan) dan air tanah dapat dilihat pada Gambar 1-6.

Gambar 1-6. Jumlah air tawar (%) di luar kutub dan di luar es lainnya dan salju (Chow dkk., 1988)

Bilamana kedalaman/ketinggian air dapat diasumsikan sama dengan (=) volume dibagi dengan luas maka komposisinya ditunjukkan dalam Gambar 1-7.

Gambar 1-7. Komposisi kedalaman (ketinggian) air tawar (air tanah dan air permukaan)

Jumlah volume air permukaan tawar adalah 44,11x10^3 km^3, perinciannya ditunjukkan dalam Gambar 1-8.

Gambar 1-8. Perincian jumlah air permukaan tawar

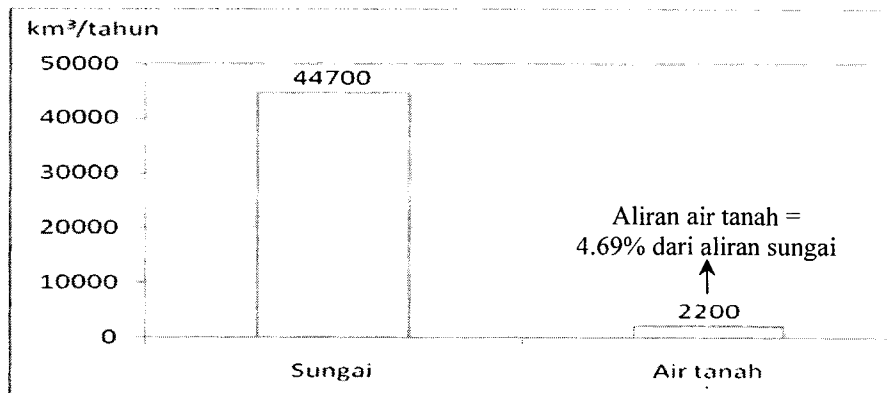
Volume air di udara yang jatuh sebagai air hujan adalah 12900 km^3. Namun distribusi pengisian air dari udara yang jatuh sebagai hujan ke air tanah dan air permukaan mempunyai perbedaan yang besar. Air tanah mempunyai kecepatan relatif sangat kecil mulai dari 10^{-13}m/dt untuk jenis lempung sampai 10^{-2} m/dt untuk jenis pasir. Sedangkan air permukaan misal di sungai bisa berorde mulai 10^{-1} sampai 10^{2} m/dt (tergantung banyak hal). Sehingga walau air tanah mempunyai kapasitas yang besar (96%) dibandingkan dengan air permukaan (4%), pengisian air ke dalam tanah jauh lebih kecil seperti ditunjukkan dalam Gambar 1-9.

Gambar 1-9. Persentase perbandingan air tanah dan air permukaan

Karena kecepatan yang relatif sangat kecil dibandingkan dengan aliran permukaan, maka dalam keseimbangan air tahunan secara global, aliran air tanah yang menuju ke laut kecil yaitu hanya 2200 km^3/thn. Hal ini ditunjukkan dalam Tabel 1-4 dan Gambar 1-10.

Dari Gambar 1-6, air sungai hanya 0,02% dari total air tawar (di luar es kutub) namun dari sisi respon kecepatan komponen aliran yang dapat direpresentasikan sebagai debit, menunjukkan bahwa *surface run-off* lebih cepat daripada aliran air tanah. Hal ini dapat dilihat pada debit aliran dari sungai yang menuju ke

laut jauh lebih besar sekitar 44700 km^3/tahun atau 95,31% dibandingkan dengan debit aliran air tanah yang mengalir ke laut sebesar 2200 km^3/tahun atau 4,69% (lihat Tabel 1-3 dan Gambar 1-10).

Tabel 1-3 Keseimbangan air tahunan global (UNESCO, 1978 dalam Chow dkk., 1988)

No.	Uraian	Satuan	Laut	Daratan
1.	Luas Area	(juta km^2)	361,3	148,8
2.	Hujan	(km^3/thn)	458.000	119.000
		(mm/thn)	1.270	800
3.	Penguapan	(km^3/thn)	505.000	72.000
		(mm/thn)	1.400	484
4.	Aliran ke laut dari sungai	(km^3/thn)	-	44.700
5.	Aliran ke laut dari air tanah	(km^3/thn)	-	2.200
	Total Aliran ke laut	(km^3/thn)	-	47.000
		(mm/thn)	-	316

Gambar 1-10. Aliran yang menuju laut km^3/tahun (Chow dkk., 1988)

Di Indonesia ada dua musim, musim hujan dan musim kemarau. Untuk analisis keberadaan air dilakukan kajian *peak flow*/aliran puncak dan *low flow*/aliran rendah. *Peak flow* pada waktu musim hujan dikaji dengan lebih menekankan pada kelebihan air yang bisa menjadi bencana banjir. Artinya, *peak flow* dilakukan untuk pengelolaan banjir/*flood management*. Untuk ketersediaan air, kajian *peak flow* lebih ditekankan dalam upaya menampung air hujan sebanyak-banyaknya sebagai cadangan air di musim kemarau.

Low flow lebih dominan untuk kajian ketersediaan air pada waktu musim kemarau. Aliran sungai yang tetap mengalir pada musim kemarau adalah berasal dari aliran air tanah yang dikenal dengan *base flow* yang menembus permukaan tanah melalui regim sungai sebagai *discharge* air tanah (lihat Gambar-Gambar 1-1 sampai dengan 1-5).

Dalam PP No 42 Tahun 2008 juga ditegaskan batas angka antara Q_{max} dan Q_{min}. Q_{max} terjadi pada saat *peak flow* atau pada musim penghujan dan Q_{min} terjadi pada *low flow* atau pada musim kemarau. Huruf c. Pasal 11 dan penjelasannya tentang kriteria penetapan wilayah sungai strategis nasional, menyatakan besarnya dampak terhadap pembangunan nasional dari sisi lingkungan bahwa perbandingan

antara debit air sungai maksimum (Q_{max}) dan debit air sungai minimum rata-rata tahunan (Q_{max}) pada sungai utama melebihi 75 (tujuh puluh lima).

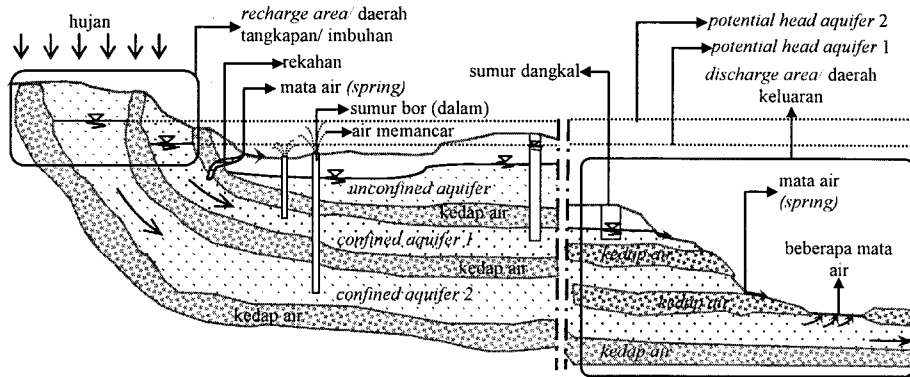
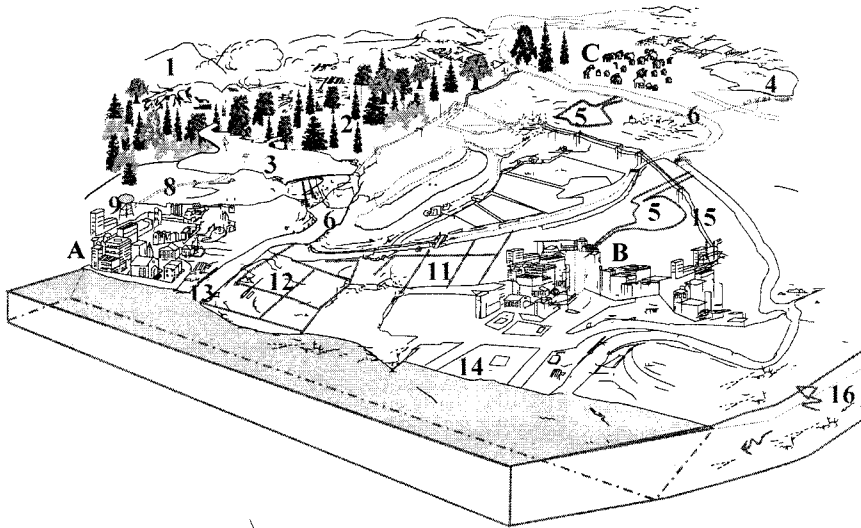
Jadi air tanah mempunyai peran yang besar sebagai penyedia air di darat. Secara lebih spesifik dapat disebutkan bahwa peran keberadaan air tanah menjadi paling utama untuk memenuhi kebutuhan air di musim kemarau.

Dari uraian, gambar-gambar dan tabel-tabel tersebut dapat ditarik kesimpulan yang penting tentang air permukaan dan air tanah, yaitu:

- Kapasitas/volume air tanah tawar jauh lebih besar dibanding dengan air permukaan tawar, yaitu: volume air tanah 98,89 % dan air permukaan hanya 1,11%.
- Kecepatan pengisian air tanah jauh lebih kecil dibandingkan dengan air permukaan dan pengisian ini sangat tergantung dari permukaan tanah. Semakin kedap air pengisian air tanah semakin kecil namun air permukaan yang berupa *run-off* semakin besar.
- Pengambilan air tanah harus di bawah *safe yield/perennial yield* (serahan aman/serahan ajek) yaitu di bawah nilai yang menunjukkan jumlah air yang dapat diambil secara terus menerus/konstan untuk kebutuhan manusia, tanpa merusak kualitas air tanah yang asli atau menciptakan suatu akibat yang tidak diinginkan seperti kerusakan lingkungan
- Pengambilan air tanah yang berlebihan akan menyebabkan penurunan ketersediaan yang besar dan membutuhkan waktu pengisian yang lama.
- Pada waktu musim penghujan ada kelebihan air permukaan yang besar namun pengisian air tanah kecil sangat tergantung dari jenis tata guna lahan dan jenis tanahnya. Sebaliknya pada waktu musim kemarau air permukaan turun drastis, andalan utama adalah air tanah. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk menampung air hujan (memanen air hujan/*rainfall harvesting*) yang sebesar-besarnya dan menahan *run-off* selama-lamanya untuk memberi kesempatan air meresap ke dalam tanah yang berarti juga mengisi air tanah. Riset tentang *water harvesting* masih dalam awal perkembangan dan upaya yang disetujui bersama oleh semua pihak dibutuhkan untuk memperoleh hasil yang nyata (DAS, 2000).
- Memanfaatkan panenan air hujan seoptimal mungkin dan pada kondisi kritis serta krisis air baru menggunakan air tanah. Air tanah lebih baik dikonservasi dan baru dipakai langsung sebagai cadangan kalau air permukaan sudah tidak ada. Perlu diketahui bahwa walaupun air tanah tidak dipakai atau digunakan secara langsung, air tanah tetap juga berfungsi sebagai salah satu faktor pengisi air permukaan (terutama air sungai) dalam bentuk *base flow*.

1.5 Pemanfaatan Sumber Daya Air

Sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah (UU No. 7 2004).

Dalam proses perjalanannya sumber daya air dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan. Daya air dipakai untuk energi misalnya pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Mata air dipakai sebagai salah satu sumber air, demikian pula waduk dipakai sebagai wadah air yang dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Air baku digunakan untuk irigasi, air bersih dipakai untuk keperluan domestik dan non-domestik. Secara alami air dipakai oleh tumbuhan (flora) dan binatang (fauna) untuk melangsungkan kehidupannya. Secara sederhana sumber daya air diilustrasikan dalam Gambar 1-11.

a. Air tanah (gambar irisan bumi)

Keterangan gambar:

1. Gunung	7. Kanal/Saluran	13. Muara/estuari
2. Hutan	8. Pipa transmisi air bersih	14. Daerah pantai
3. Waduk	9. *Water Treatment Plant (WTP)*	15. Jari listrik dari PLTA waduk
4. Danau /telaga	10. Sawah	16. Aliran air tanah
5. Embung/waduk kecil/situ2, ranu	11. Rawa	A. Kota Pantai
	12. Tambak	B. Kota
6. Sungai		C. Desa

b. Air permukaan

Gambar 1-11. Ilustrasi sederhana sumber daya air (Grigg, 1996; Kodoatie & Syarief, 2007; Todd, 1974; Bear, 1979 dengan modifikasi)

Karena demikian kompleksnya isu dan masalah dalam pengelolaan sumber daya air maka banyak disiplin yang terlibat baik langsung maupun tidak langsung untuk mendapatkan solusi dari isu dan masalah tersebut. Disiplin itu meliputi antara lain: ilmu biologi (*biological science*), rekayasa (*engineering*), ilmu fisika (*physical science*) dan ilmu sosial (*social science*) (Mays, 1996). Gambar 1-12 menunjukkan keterlibatan disiplin ilmu tersebut.

Gambar 1-12. Berbagai disiplin dalam Pengelolaan Sumber Daya Air (Mays, 1996 dengan elaborasi).

DeBarry (2004) membuat *checklist* faktor-faktor yang harus dipertimbang-kan untuk perencanaan pengelolaan DAS (*watershed*) yang menyeluruh seperti ditunjukkan dalam Tabel 1-4. Daftar dalam *checklist* tersebut belum lengkap dan bisa ditambahkan mengarah karakteristik fisik, isu, tujuan dalam suatu area yang distudi atau dikaji.

Tabel 1-4. Checklist faktor-faktor yang harus dipertimbangkan untuk perencanaan pengelolaan DAS (watershed) yang menyeluruh (DeBarry, 2004)

No.	Uraian	No.	Uraian
1	Pengelolaan *stormwater*	21	*Urban sprawl*
2	Persoalan terkait dengan *stormwater*	22	*Riparian buffers*
3	Pengelolaan dataran banjir (*flood plain*)	23	Aktifitas penebangan hutan
4	Pengendalian banjir	24	Pertanian
5	Regim hidrologi	25	Penghalang/kapasitas jembatan
6	Daerah perlindungan utama	26	Fasilitas pengendalian banjir yang ada
7	Lubang-lubang resapan (*sinkholes*)	27	Perhatian pertanian
8	Fasilitas regional	28	Perhatian penduduk
9	Pengelolaan habitat margasatwa	29	Kualitas air
10	Preservasi lahan basah	30	Polusi (*nonpoint source*)
11	Spesies-spesies *invasive*	31	Muatan harian maksimum total
12	Penilaian geomorfologi sungai (*fluvial*)	32	Geologi
13	Restorasi saluran alam	33	Batu kapur
14	Perlindungan erosi tebing sungai	34	Area suplai air
15	Persoalan erosi & sedimen	35	Tambahan (*augmentation*) aliran dasar
16	Pembangunan berkelanjutan	36	Kemiringan curam
17	Perencanaan konservasi	37	Pecahan kerikil
18	Kesejahteraan, keselamatan, kesehatan publik	38	Biaya/Manfaat
19	*Infill/redevelopment*	39	Deformasi permukaan bumi
20	Urbanisasi		Lainnya

Catatan: Tabel 1-4 masih terbuka untuk dieksplor (ditambahkan).

1.6 Tata Ruang Air

Proses perjalanan air dalam ruang (3 dimensi) telah dijelaskan sebelumnya baik di ruang laut, ruang udara dan ruang darat yang secara global dikenal dengan siklus hidrologi. Di ruang laut proses perjalanan air ada dalam laut dan di daerah pantai dan ke ruang udara air laut berubah menjadi uap. Adanya arus laut yang ada di samudra berpengaruh kepada terjadinya hujan, badai dan gelombang laut. Air laut juga berubah ujud menjadi uap dan masuk ke ruang udara, yang dalam proses perjalanannya akan memberi kontribusi kepada hujan di ruang darat.

Di ruang darat air sebagai air tawar merupakan sumber kehidupan. Air juga merupakan sumber daya alam yang membutuhkan waktu yang lama dalam proses pembaharuannya (*unrenewable* dan *renewable resource*). Eksploitasi sumber daya alam di ruang darat, terutama eksploitasi air dan pemanfaatan (perubahan) lahan yang berlebihan dalam mewujudkan pemenuhan kebutuhan manusia akan menimbulkan berbagai masalah bagi kehidupan manusia.

Persoalan yang terkait dengan air yang melewati proses siklus hidrologi ini adalah sangat kompleks. Keterkaitan air dengan segala atributnya dengan berbagai aspek, berbagai sumber daya lain dan dengan penataan ruang merupakan suatu tantangan yang menarik untuk dikaji, dianalisis dan dicari solusinya. Pada hakekatnya keberadaan air harus harmoni dan berkelanjutan untuk pemenuhan fungsi utamanya sebagai sumber kehidupan.

Sudah saatnya melakukan pembangunan yang lebih mengutamakan keseimbangan antara ekonomi, sosial dan lingkungan sebagaimana telah diamanatkan baik dalam UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air maupun UU No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.

UU No. 7 Tahun 2004 menyebutkan:

- Sumber daya air merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan manfaat untuk mewujudkan kesejahteraan bagi seluruh rakyat Indonesia dalam segala bidang.
- Untuk menghadapi ketidakseimbangan antara ketersediaan air yang cenderung menurun dan kebutuhan air yang semakin meningkat, sumber daya air wajib dikelola dengan memperhatikan fungsi sosial, lingkungan hidup dan ekonomi secara selaras.
- Pengelolaan sumber daya air perlu diarahkan untuk mewujudkan sinergi dan keterpaduan yang harmonis antar-wilayah, antar-sektor, dan antar-generasi.
- Sejalan dengan semangat demokratisasi, desentralisasi, dan keterbukaan dalam tatanan kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara, masyarakat perlu diberi peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air.

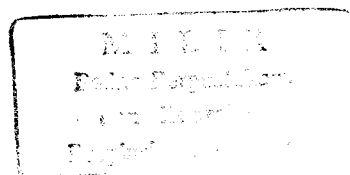
UU No. 26 Tahun 2007 menyebutkan bahwa penyelenggaraan penataan ruang bertujuan untuk mewujudkan ruang wilayah nasional yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan berlandaskan Wawasan Nusantara dan Ketahanan Nasional dengan:

- terwujudnya keharmonisan antara lingkungan alam dan lingkungan buatan
- terwujudnya keterpaduan dalam penggunaan sumber daya alam dan sumber daya buatan dengan memperhatikan sumber daya manusia
- terwujudnya pelindungan fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan akibat pemanfaatan ruang.

UU No. 26 Tahun 2007 juga menyebutkan bahwa Ruang adalah wadah yang meliputi ruang darat, ruang laut, dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi sebagai satu kesatuan wilayah, tempat manusia dan makhluk lain hidup, melakukan kegiatan, dan memelihara kelangsungan hidupnya.

Ruang darat, ruang laut, dan ruang udara merupakan satu kesatuan ruang yang tidak dapat dipisah-pisahkan. Ruang darat, ruang laut, dan ruang udara dimanfaatkan berbagai macam keperluan sesuai dengan tingkat intensitas yang berbeda untuk kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Pemanfaatannya di antaranya sebagai tempat melakukan kegiatan pemenuhan kebutuhan pangan, industri, pertambangan, sebagai jalur perhubungan, sebagai obyek wisata, sebagai sumber energi, atau sebagai tempat penelitian dan percobaan.

UU No. 26 Tahun 2007 tidak mendefinisikan ruang darat, ruang laut dan ruang udara. Definisi ketiga ruang tersebut ada dalam UU No. 24 Tahun 1992. UU ini mendefinisikan ruang-ruang: udara, darat dan laut sebagai berikut:

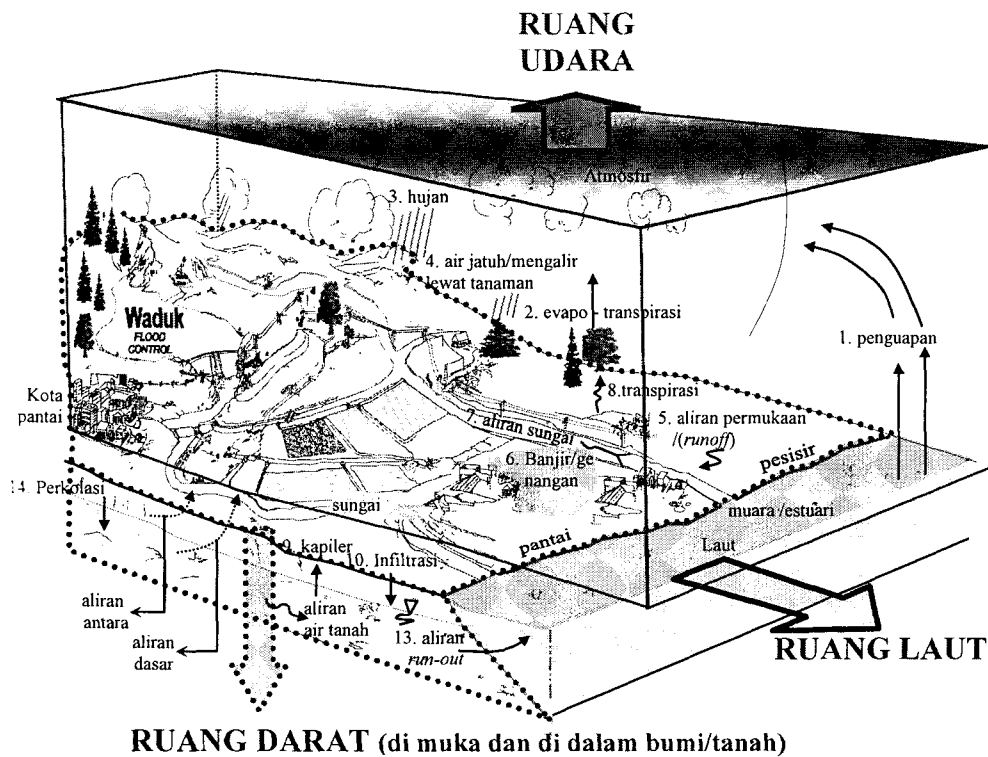
- Ruang daratan adalah ruang yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan termasuk permukaan perairan darat dan sisi darat dari garis laut terendah.
- Ruang lautan adalah ruang yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut dimulai dari sisi laut garis laut terendah termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya, di mana Republik Indonesia mempunyai hak yurisdiksi.
- Ruang udara adalah ruang yang terletak di atas ruang darat dan/atau ruang laut sekitar wilayah negara dan melekat pada bumi, di mana Republik Indonesia mempunyai hak yurisdiksi. Pengertian ruang udara (*air-space*) tidak sama dengan pengertian ruang angkasa (*outerspace*). Ruang angkasa beserta isinya seperti bulan dan benda-benda langit lainnya adalah bagian dari antariksa, yang merupakan ruang di luar ruang udara.

Lebih lanjut disebutkan bahwa ruang yang dimaksud adalah ruang di mana Republik Indonesia mempunyai hak yurisdiksi yang meliputi hak berdaulat di wilayah teritorial maupun kewenangan hukum di luar wilayah teritorial berdasarkan ketentuan konvensi yang bersangkutan yang berkaitan dengan ruang lautan dan ruang udara.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa air mengalir melalui ketiga ruang tersebut. Perjalanannya secara global yang dikenal dengan siklus hidrologi melewati ruang laut, ruang udara, ruang darat termasuk ruang di dalam bumi. Dalam hal ini di dalam ruang ada interaksi antara air dengan ruang sebagai tempat manusia dan makhluk lainnya hidup dan melakukan kegiatan serta memelihara kelangsungan hidupnya.

Lebih luas lagi sumber daya air yang merupakan air (air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat), sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya juga dimanfaatkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya.

Tata ruang menurut UU No 26 Tahun 2007 didefinisikan sebagai wujud struktur ruang dan pola ruang. Struktur ruang adalah susunan pusat-pusat permukiman dan sistem jaringan prasarana dan sarana yang berfungsi sebagai pendukung kegiatan sosial ekonomi masyarakat yang secara hierarkis memiliki hubungan fungsional. Pola ruang adalah distribusi peruntukan ruang dalam suatu wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan peruntukan ruang untuk fungsi budi daya.

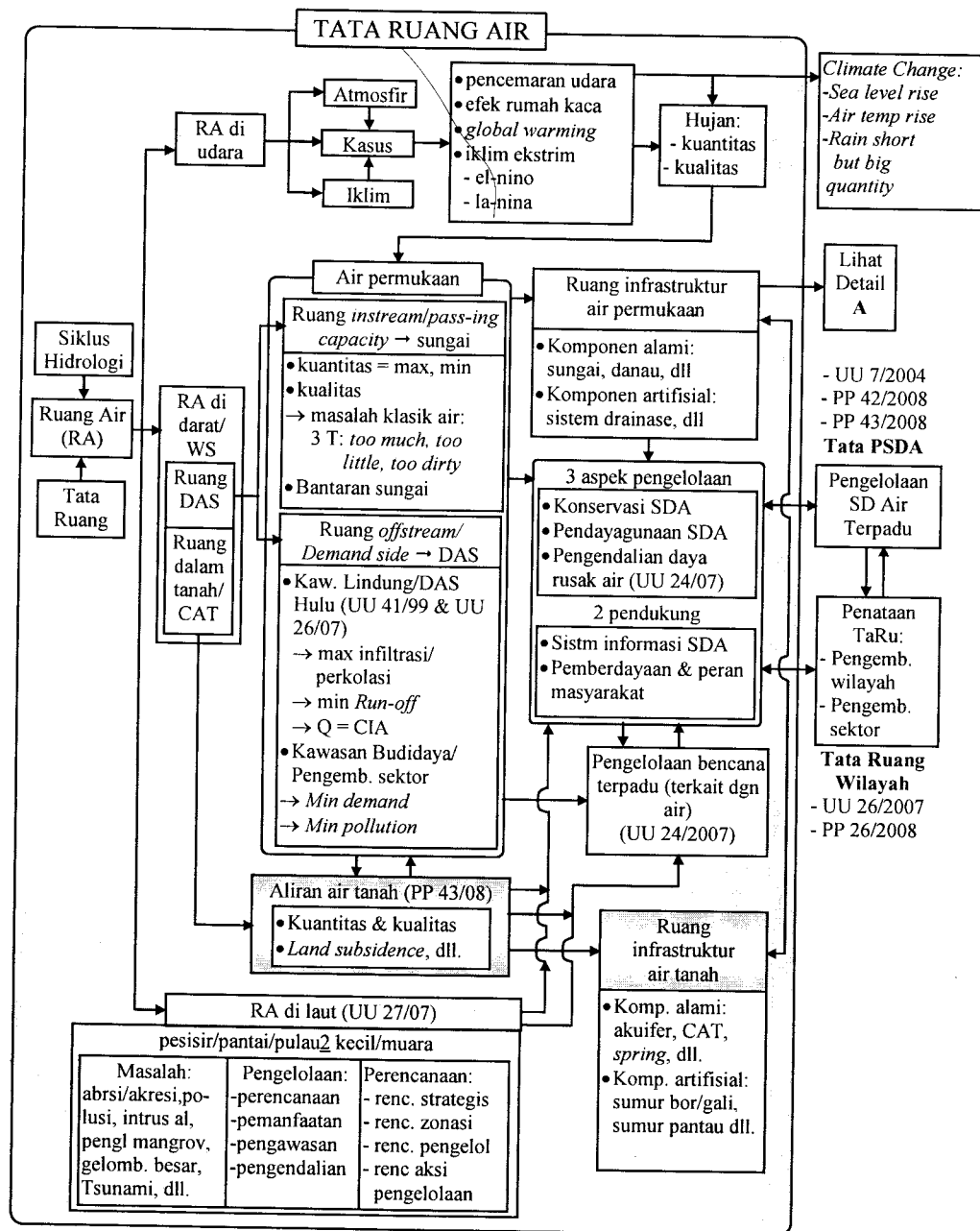
Mengacu pada definisi tata ruang maka "tata ruang air" dapat didefinisikan sebagai wujud struktur ruang air dan pola ruang air. Struktur ruang air adalah susunan pusat-pusat sumber daya air dan sistem infrastruktur keairan yang berfungsi sebagai pendukung kegiatan sosial ekonomi masyarakat yang secara hierarkis memiliki hubungan fungsional. Pola ruang air adalah distribusi peruntukan ruang air dalam suatu wilayah. Untuk air permukaan, wilayah bisa sistem fluvial (jaringan sungai dan Daerah Aliran Sungai/DAS) dan daerah Non-CAT, untuk air tanah berupa Cekungan Air Tanah (CAT) dan untuk air secara keseluruhan berupa Wilayah Sungai (WS). Peruntukan ruang dibagi dua yaitu untuk fungsi lindung sumber daya air (daerah konservasi) dan untuk fungsi budi daya sumber daya air (pendayagunaan sumber daya air).

Gambar 1-13 menunjukkan ilustrasi sederhana ruang darat, ruang laut, ruang udara dan keterkaitan dengan sumber daya air. Gambar 1-14 mengilustrasikan gambaran di Gambar 1-13 dalam bentuk dokumentasi.

Gambar 1-13. Keterkaitan antar ruang dalam pengelolaan sumber daya air

a. Contoh 1 dokumentasi ruang: ruang udara, ruang laut dan ruang darat

b. Contoh 2 dokumentasi ruang: ruang udara, ruang laut dan ruang darat

Gambar 1-14. Gambar Ruang: beberapa isi dan pemanfaatannya

Dari uraian, gambar-gambar dan tabel-tabel tersebut di atas maka dapat dibuat diagram sederhana tentang tata ruang air, pengelolaan sumber daya air dan penataan ruang dan keterkaitannya masing-masing seperti ditunjukkan dalam Gambar 1-15.

a. Diagram Tata Ruang Air, PSDA dan Penataan Ruang

Ruang infrastruktur keairan untuk air permukaan	
Komponen alami, misal:	Komponen artifisial, misal:
1. Air terjun 2. Anak sungai 3. Daerah aliran sungai/DAS (*water shed*) 4. Daerah pengaliran sungai (DPS) 5. Daerah resapan air 6. Daerah retensi 7. Daerah tangkapan air (*catchment area*) 8. Danau 9. Mata air (*spring*) 10. Muara/estuari 11. Pantai 12. Pesisir 13. Ranu 14. Rawa 15. Sempadan sungai 16. Situ-situ 17. Sungai 18. Tampungan depresi (*depression storage*) 19. Telaga 20. Wilayah sungai (*river basin*) 21. Dll.	1. Bangunan air di pantai/muara: bangunan pemecah gelombang, tembok atau dinding laut (*sea wall*), *groin*, *revetment*, *jetty*, dll. 2. Bangunan pemecah energi (*energy dissipation*) 3. Bendung karet (*rubber dam*) 4. Bendung tetap (*weir*) dan *Barrage* (bendung gerak) 5. Bozem (bangunan pengendali banjir/polder) 6. *Check-dam*, *sabo dam* (bangunan pengendali sedimen) 7. Daerah Irigasi 8. *Diversion tunnel/channel* 9. Embung 10. Gorong-gorong, got miring *11. Grounsill* 12. Jaringan air bersih: sumber, *conveyor*, tampungan air baku, *water treatment plant* (WTP), tampungan air bersih, jar. transmisi, jar. distribusi, komponen2 untuk keperluan pengguna air bersih, dll. 13. Kantong lumpur (*sediment trap*) 14. Kincir air 15. Pelabuhan 16. *Penstock* 17. Pintu air (Romyn, Rechbock, sorong) 18. PLTA, *penstock*, *surge tank*, turbin 19. Polder 20. *Revetment* 21. Saluran Pintu Air 22. Saluran terbuka (tunggal, ganda/*compound channel*) 23. Saluran2 di daerah rawa: primer, sekunder, tersier, pembuang, bangunan bagi, bangunan sadap, bangunan ukur dll. 24. Saluran2 di daerah tambak: primer, sekunder, tersier, pembuang, bangunan bagi, bangunan sadap, bangunan ukur dll. 25. Sistem buangan limbah cair 26. Sistem drainase (perkotaan/*urban* dan pedesaan/*rural*) 27. Sistem irigasi: bangunan pengambilan, saluran induk, kantong lumpur, sal. sekunder, sal tersier, bangunan bagi, bangunan sadap, bangunan ukur, schotbalk, dll. 28. Sistem pengelolaan rawa 29. Sistem konservasi sumber daya air 30. Sistem pengelolaan kekeringan 31. Sistem pengendalian banjir 32. Sistem pengendalian erosi dan sedimen 33. Sistem perpipaan: jaringan pipa, pompa, *fitting*, *valve*, *meter* 34. *Spill-way* 35. Talang, siphon, terjunan 36. Tambak 37. Tanggul 38. Terowongan air 39. Waduk/bendungan/dam, *reservoir* 37. Dll.

b. Detail A (infrastruktur keairan untuk air permukaan)

Gambar 1-15. Diagram Tata Ruang Air, PSDA dan Penataan Ruang

1.7 Sasaran

Sasaran buku ini adalah untuk berbagai pihak dan berbagai *stakeholder* (pemangku kepentingan), diantaranya:

1. Mahasiswa Program S1: sebagai salah satu referensi dan atau buku ajar pada studi S1 Jurusan-Jurusan: planologi, teknik sipil, arsitektur, teknik penyehatan, geologi (khususnya air tanah/hidrogeologi), ekonomi studi pembangunan.
2. Mahasiswa Program Pasca Sarjana (S2 dan S3): sebagai salah satu rujukan atau referensi dan pengantar Tata Ruang Air pada studi S2 & S3 jurusan/program studi: sumber daya air, penataan ruang, infrastruktur, teknik perkotaan & pengembangan wilayah, planologi, studi pembangunan.
3. Para pelaku kebijakan dalam pemerintahan terutama dalam penentuan konsep-konsep tata ruang air yang terpadu dan menyeluruh dikaitkan dengan aspek-aspek pembangunan yang lain, termasuk: Pemerintah Pusat, Provinsi dan Kabupaten/Kota baik eksekutif dan legislatif (DPR dan DPRD).
4. Departemen dan Instansi terkait seperti: Departemen Pekerjaan Umum (PU), Departemen Pertanian, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Dalam Negeri, Departemen Keuangan, Departemen Perhubungan, Departemen Kelautan dan Perikanan, Departemen Kehutanan, Departemen Kebudayaan dan Pariwisata, Lingkungan Hidup, Bappenas, Badan Nasional Penanggulangan Bencana dll.
5. Dinas dan Instansi terkait yang meliputi: Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (Pengairan), Dinas Permukiman dan Tata Ruang (Cipta Karya), Dinas Bina Marga, Dinas Kehutanan, Dinas Pertambangan dan Energi, Dinas Pertanian, Dinas Tata Kota & instansi-instansi terkait terutama dalam era otonomi daerah Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (Bappeda), Badan Penanggulangan Bencana, Badan Pengendalian Dampak Lingkunan (Bapedal) dan lainnya baik tingkat provinsi maupun kabupaten/kota.
6. Proyek-Proyek antara lain: sumber daya air, penataan ruang, pesisir dan pantai, pengairan, permukiman dan cipta karya, kehutanan, pertambangan dan energi.
7. Para konsultan (perencana dan pengawas) dan kontraktor (pelaksana).
8. Pemakai (*user*) hasil-hasil pembangunan.
9. Asosiasi baik profesi maupun pelaku pembangunan (PII, IAI, HATHI, HATGI, Gapensi, Inkindo, Gapeknas dll.).
10. Masyarakat yang terkait seperti *investor*, penduduk perkotaan dan perdesaan.
11. Para pelaku *ril estat* (pengembang).
12. Lembaga Swadaya Masyarakat dan NGO (*Non-Government Organization*)
13. Para pemerhati masalah air, lingkungan dan penataan ruang.

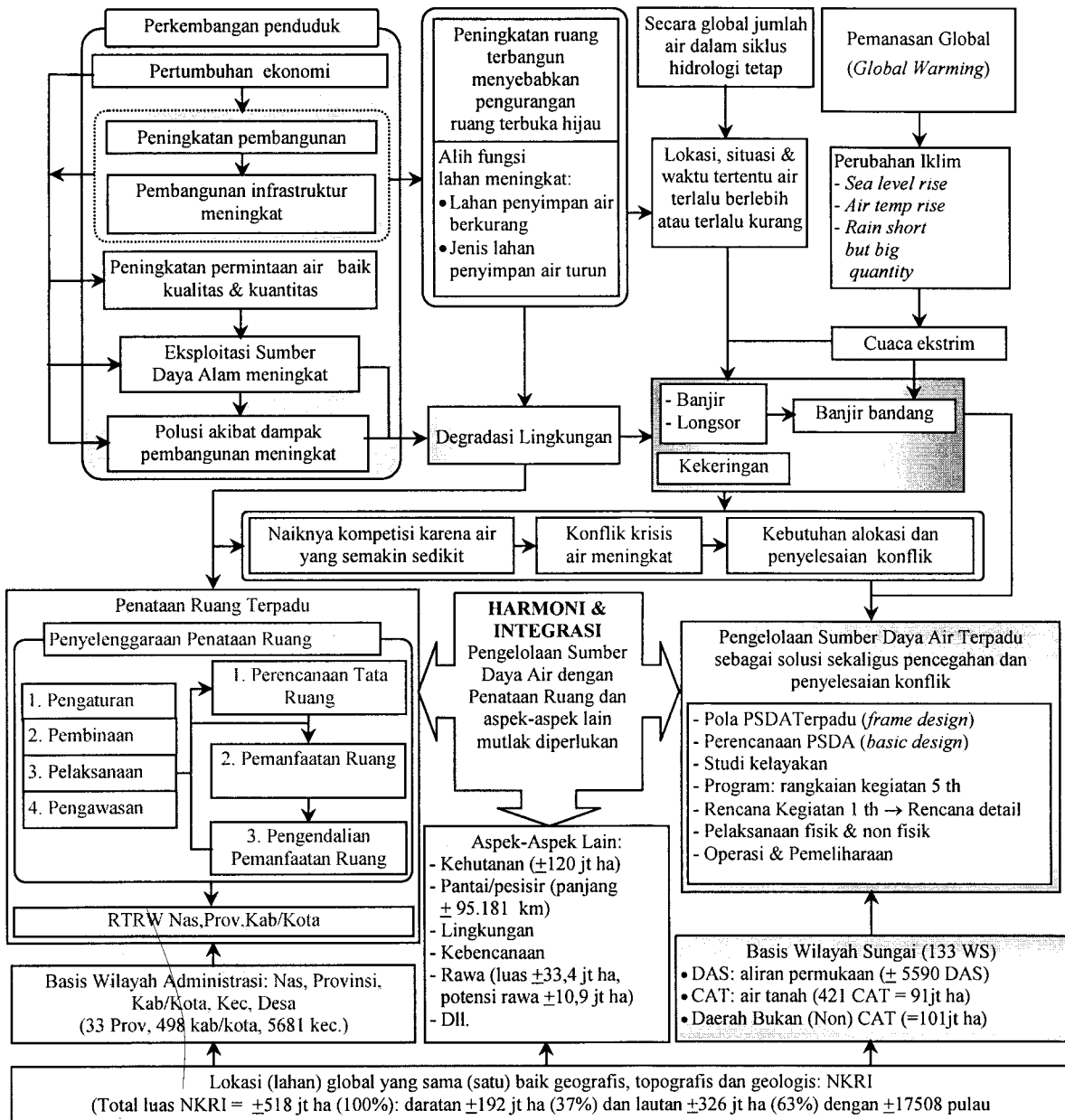
BAB 2
KONFLIK KEPENTINGAN RUANG ANTARA MANUSIA DAN AIR

2.1 Kritisnya Pengelolaan Sumber Daya Air

Karena pertumbuhan penduduk maka kebutuhan pokok maupun sekunder akan meningkat. Dalam tata ruang, aktifitas dalam rangka pemenuhan kebutuhan tersebut akan juga meningkat baik dalam dimensi-dimensi ekonomi, sosial dan lingkungan. Akibatnya terjadi eksploitasi alam yang berlebihan, perubahan tata guna lahan yang tak terkendali dan menurunnya daya dukung lingkungan. *Multi-player effect* dari aktifitas tersebut pada hakekatnya menimbulkan kecenderungan peningkatan bencana baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

Sudah banyak disebutkan oleh para pakar bahwa ada paradoks antara penduduk dan air yaitu pertumbuhan penduduk yang meningkat mengakibatkan pengurangan ketersediaan air sekaligus meningkatkan potensi banjir. Banjir yang terjadi di Jakarta dan sekitarnya serta daerah-daerah lain di Indonesia mencerminkan paradoks tersebut. Konflik kepentingan dan kebutuhan antara *man versus water;* konflik ruang terbangun *versus* ruang terbuka hijau; konflik tata ruang bangunan *versus* tata ruang air. Peningkatan ruang terbangun menyebabkan pengurangan ruang terbuka hijau yang besar terutama di daerah-daerah perkotaan. Banyak lahan hijau, situ-situ, daerah resapan dan tempat tinggal air telah hilang.

Oleh karena itu diperlukan pengelolaan sumber daya air terpadu sebagai solusi sekaligus pencegahan dan penyelesaian konflik. Gambar 2-1 berikut ini menunjukkan uraian tersebut.

a. Konflik dalam ruang

b. Persoalan dan solusi Penataan Ruang dan Pengelolaan Sumber Daya Air

Gambar 2-1. Konflik, persoalan dan solusi Penataan Ruang dan Pengelolaan Sumber Daya Air (UU No 26 Tahun 2007; UU No 7 Tahun 2004; GWP, 2001; Kodoatie & Sjarief, 2004; Kodoatie, 2008c)

Dengan melihat Gambar 2-1 dapat diketahui bahwa kondisi air yang kritis akan menimbulkan berbagai macam konflik. Konflik utama yang terjadi adalah pada saat ketersediaan air tidak dapat memenuhi kebutuhan. Perebutan air akan menjadi pemicu konflik di antara *stakeholders* karena pada waktu dan lokasi yang sama akan berusaha memenuhi kebutuhan air dengan ketersediaan yang jauh lebih kecil.

Konflik lainnya adalah konflik yang berkaitan dengan kelebihan air akibat perubahan tata guna lahan. Sebagai contoh: suatu lahan hutan dianggap oleh pengembang merupakan daerah *idle* yang harus dikembangkan untuk meningkatkan nilai ekonomi dari lahan tersebut. Lahan hutan akhirnya diubah menjadi lahan yang potensial secara ekonomi misal sebagai lahan industri. Secara ekonomi memang lahan tersebut berkembang dan menjadi pusat pemikat aktifitas lainnya. Ketika lahan hutan sudah menjadi kawasan industri memang ada *multi player effects* dari perubahan ini, di antaranya terjadi peningkatan harga jual tanah yang berlipat, sistem infrastruktur yang terbangun lebih baik dan nyaman, timbulnya pemukiman baru. Ini berarti ada perubahan tata guna lahan yang signifikan (Kodoatie, 2008c).

Di sinilah letak terjadinya konflik kepentingan. Secara ekonomi perubahan tata guna lahan cukup atraktif. Namun biasanya yang terjadi, peningkatan ekonomi akibat perubahan lahan ini tidak dibarengi dengan kajian lingkungan atau sosial yang seimbang. Akibatnya sudah dapat dipastikan terjadi peningkatan *run-off* sekaligus pengurangan daya tampung air akibat lahan resapan hilang. Dampaknya yang terjadi adalah peningkatan banjir di wilayah hilirnya.

Oleh karena itu oleh pemerintah yang berfungsi sebagai *enabler* harus membuat rambu-rambu tentang perubahan tata guna lahan. Biasanya peraturannya sudah ada, tetapi aplikasi dari peraturan belum dilaksanakan. Sehingga perlu dilakukan peningkatan *law enforcement* secara kontinyu.

Krisis air telah terjadi, terus berlangsung dan cenderung semakin meningkat. Ada banyak faktor yang membuat krisis ini lebih menembus ke dalam semua bagian di dunia ini di masa yang akan datang yang menjadikan *water is every one's business*. Dari banyak faktor tersebut, Biswas (1997) menyebutkan setidak-tidaknya ada 5 faktor utama, meliputi:

- Ada fakta yang tidak menguntungkan bahwa jumlah air bersih (tawar) yang ada (tersedia) di semua negara yang berbasis jangka panjang hampir konstan untuk semua maksud. Karena pertimbangan teknis dan ekonomi maka hanya persentase tertentu dari total air yang tersedia dapat digunakan dalam setiap waktu tertentu. Jumlah suplai air berbanding terbalik dengan peningkatan populasi.
- Air adalah kebutuhan esensi untuk semua aktifitas manusia mulai dari air minum, pertanian, energi, pengembangan industri sampai pada *virtual water* (pemanfaatan tak langsung).
- Sampai saat ini semua sumber air yang mudah dieksploitasi terus berkembang dan karena perubahan tata guna lahan banyak sumber air yang hilang. Konsekuensinya dalam rangka pemenuhan peningkatan kebutuhan di masa yang akan datang pencairan sumber air baru dan eksploitasinya akan lebih mahal dibandingkan dengan sebelumnya.
- Peningkatan aktifitas manusia akan menambah buangan limbah ke lingkungan alam. Kontaminasi akan meningkat baik di air permukaan dan air tanah. Dengan kata lain terjadi peningkatan kontradiksi antara peningkatan kualitas air untuk kesehatan manusia dengan peningkatan kontaminasi air.
- Selama beberapa puluh tahun terakhir variasi dampak sosial dan lingkungan secara gradual terus meningkat. Pentingnya pengembangan sumber air yang berwawasan lingkungan bukan lagi hanya sebagai bahan diskusi atau sebatas wacana tapi sudah merupakan bagian integral penting dalam strategi pembangunan yang berkelanjutan dan yang berwawasan lingkungan.

Dari uraian tersebut maka adalah sangat wajar bila John F. Kennedy menyatakan bahwa: *Anyone who solves the problems of water deserves not one Nobel Prize but two – one for science and the other for peace.*

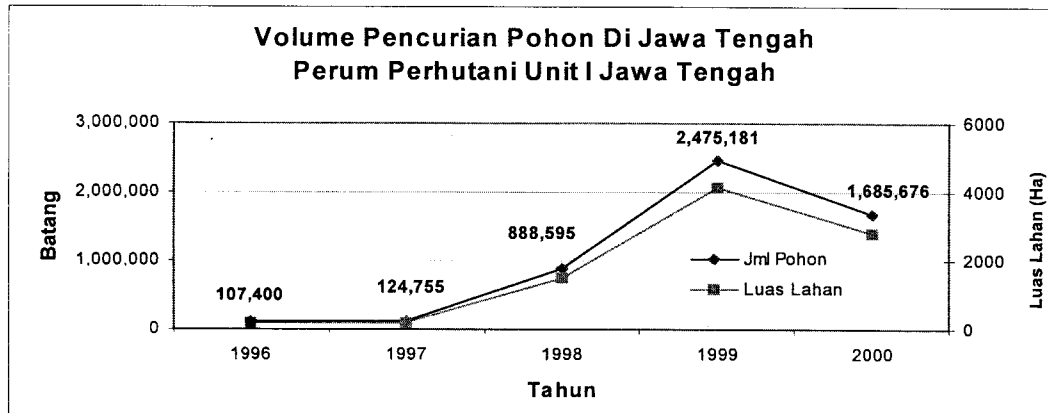
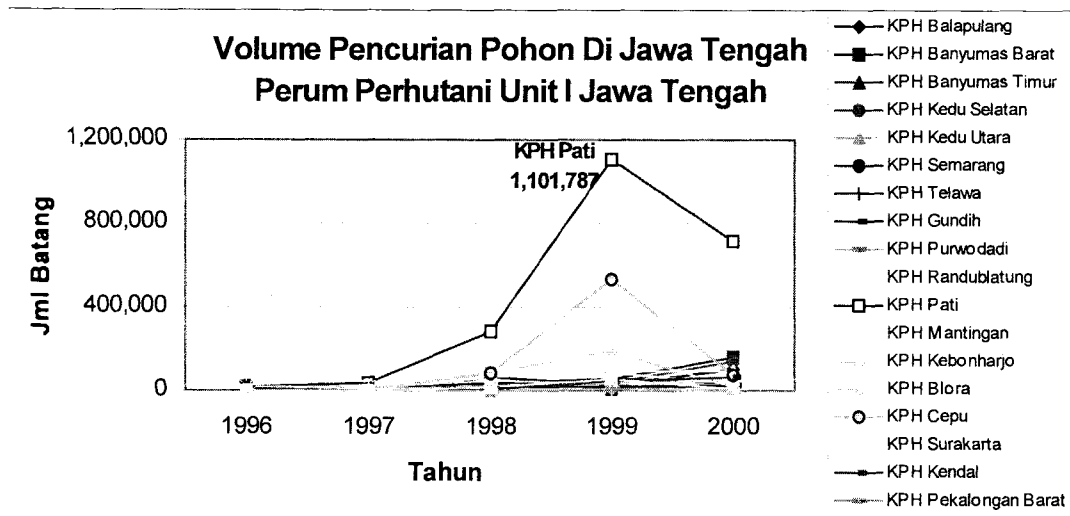
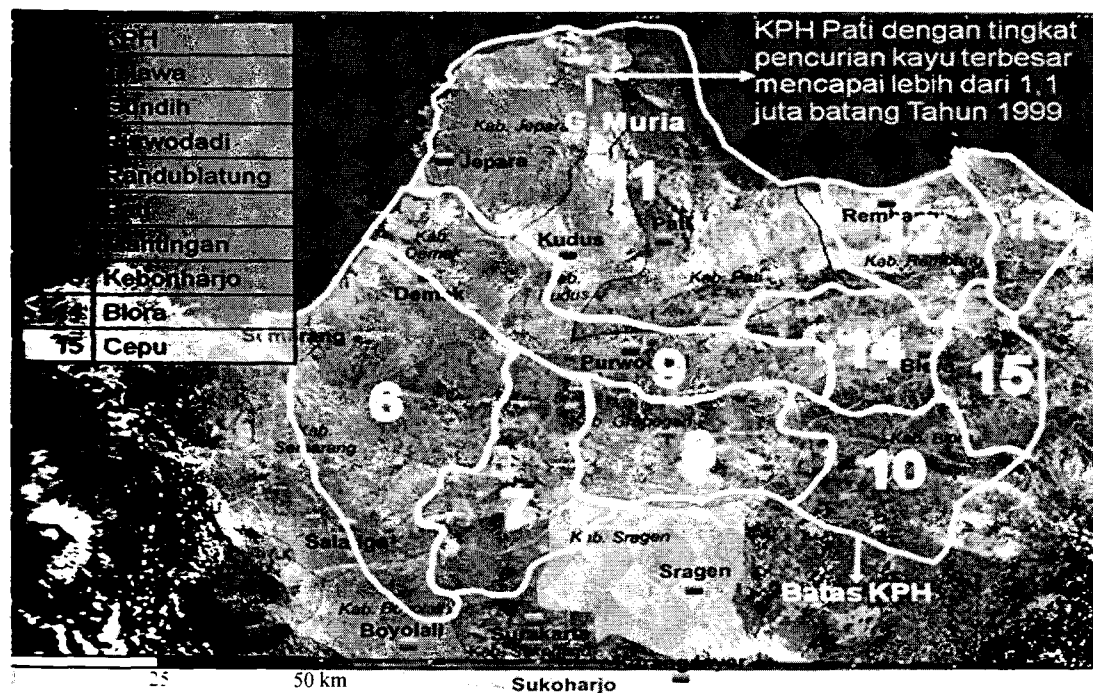
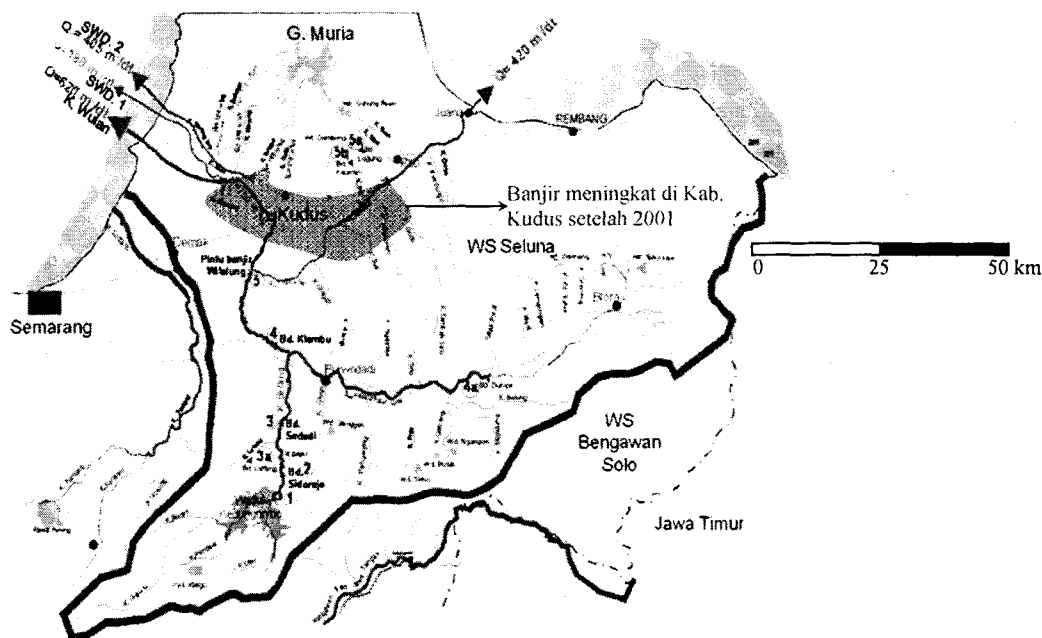
2.2 Persoalan Air Permukaan

Di air permukaan persoalan dapat dibagi menjadi dua yaitu di ruang jaringan sungai (*instream*) dan di ruang daerah aliran sungai (*offstream*).

2.2.1 3T: *too much, too little, too dirty*

Di *instream*, persoalan menyangkut 3 masalah klasik air yang sering disebut 3 T: *too much, too little, too dirty. Too much* berarti di suatu tempat air terlalu berlebih dan *too little* berarti di suatu tempat air terlalu kurang. Salah satu indikasi "*too much* dan *too little*" dapat dilihat dengan perbandingan Qmax (biasanya di musim penghujan) dan Qmin (di musim kemarau) suatu sungai. Semakin besar rasio Qmax dan Qmin suatu sungai semakin rusak DASnya. Indikasi lain juga dapat dilihat dari persoalan klasik di Indonesia sepanjang tahun: banjir di musim penghujan dan kekeringan di musim kemarau, sehingga saat ini ada istilah lain dari musim di Indonesia yaitu bukan lagi musim penghujan dan musim kemarau tapi menjadi musim banjir dan musim kekeringan.

Di Jawa Tengah persoalan banjir juga meningkat seperti disimpulkan oleh Program Magister Teknik Sipil Undip (2003) bahwa debit puncak banjir meningkat antara 0,11% sampai 3,50% per tahun.

Salah satu contoh di tingkat kabupaten adalah peningkatan banjir di Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. Data rangking bencana banjir Tahun 2000 dan Tahun 2001 menunjukkan bahwa Kudus menempati rangking 2 setelah Cilacap (Pemerintah Propinsi Jateng, 2005) namun data bencana banjir Tahun 2003 menunjukkan Kudus menjadi rangking 1 (Pemerintah Propinsi Jateng, 2005; Kodoatie, 2008b). Hal ini disebabkan mulai Tahun 1998 sampai Tahun 2000 telah terjadi pencurian pohon yang semula sebelum Tahun 1998 di bawah 100.000 pohon meningkat menjadi lebih dari 1 juta pohon di Gunung Muria yang merupakan daerah hulu DAS Juwana yang melewati Kabupaten Kudus (Perum Perhutani Unit 1 Jawa Tengah, 2000). Gambar 2-2 menjelaskan pencurian kayu yang luar biasa tersebut.

a. Peningkatan jumlah pencurian pohon dari Tahun 1996 sampai Tahun2000

: Detail Gambar a di KPH seluruh Jawa Tengah dengan pencurian kayu terbesar KPH Pati mencapai lebih dari 1,1 juta batang pada Tahun 1999.

: Lokasi KPH Pati di Gunung Muria dan sekitarnya dengan pencurian terbesar

d. Wilayah Sungai Seluna (Serang Lusi Juwana)

Gambar 2-2. Pencurian kayu dan WS Seluna (Pem.Prov. Jateng, 2005; Kodoatie, 2008b; Perum Perhutani Unit 1 Jateng, 2000; PIPWS Jratunseluna, 2001)

Tabel 2-1. Tabel perubahan rangking bencana banjir Kabupaten Kudus(Pem.Provinsi Jateng, 2005; Kodoatie, 2008b)

Rangking bencana banjir di Jateng				
Rangking	Data Tahun 2000		Data Tahun 2003	
1	Cilacap	34.35%	Kudus	34.48%
2	Kudus	23.31%	Cilacap	26.45%
3	Demak	18.56%	Demak	16.63%
4	Kendal	14.95%	Pati	14.71%
5	Kebumen	14.24%	Grobogan	10.60%
6	Pati	13.44%	Kendal	10.48%
7	Grobogan	11.57%	Purworejo	10.41%
8	Sragen	11.14%	Kebumen	10.00%
9	K Semarang	8.59%	Jepara	8.76%

Dari data 2000 dan data 2003 bencana banjir Kudus naik dari rangking 2 ke rangking 1

Gambar 2-2 dan Tabel 2-1 mengindikasikan secara jelas perubahan bencana akibat pencurian kayu yang menyebabkan DAS jadi gundul dan aliran permukaan (*run-off*) meningkat. Kajian sederhana yang diwujudkan dalam Gambar 2-2 dan Tabel 2-1 dapat dilakukan juga di daerah-daerah lain. Kajian ini tidak hanya sebatas kajian banjir, namun juga kajian kekeringan, kajian longsor dan kajian bencana-bencana yang lain.

Kajian tersebut dapat dilakukan secara kontinyu di suatu daerah untuk dipakai sebagai salah satu referensi dalam mengevaluasi (kilas balik) pembangunan yang telah dilakukan, termasuk evaluasi-evaluasi mengenai: kebijakan, visi-misi, strategi pembangunan, rencana tindak, pelaksanaan dan pemeliharaan yang telah dilakukan.

Too dirty yang berarti sungai terlalu kotor menunjukkan masalah polusi air sungai yang juga perlu perhatian serius. Anggapan status sungai (secara budaya) sebagai tempat sampah (buangan) harus diubah menjadi (misalnya) kali (sungai) bersih sehingga ada kesadaran dari masyarakat untuk tidak membuang sampah ke sungai. Juga limbah pabrik atau limbah daerah industri oleh pengelolanya tidak dibuang seenaknya ke sungai. Perangkat undang-undang untuk ini sudah ada yaitu UU No.18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah. Aplikasi dari undang-undang ini perlu diikuti dengan pengawasan dan pemberian sanksi atau hukuman yang memadai.

Persoalan di bantaran sungai juga merupakan persoalan serius yang harus dipecahkan. Penentuan garis sempadan sungai harus dimplementasikan dengan benar. Hal ini sulit dilakukan karena di bantaran sungai sudah terlanjur dibangun berbagai infrastruktur seperti rumah, toko (ruko), pasar dll. Di sini persoalan terjadi karena kepentingan teknis (rekayasa) dan aspek lingkungan berbenturan dengan aspek sosial dan ekonomi.

2.2.2 Persoalan di Daerah Aliran Sungai (*Offstream*)

Di ruang *off stream* (DAS) persoalan menyangkut dua hal penting yaitu konservasi sumber daya air dalam pengelolaan sumber daya air dan kawasan budi daya dalam penataan ruang. Di satu sisi untuk memenuhi aspek konservasi sumber daya air adalah bagaimana bisa menahan aliran permukaan (*run-off*) yang sebesar-besarnya dan memberi kesempatan selama-lamanya air untuk masuk ke dalam tanah (infiltrasi) atau tertahan di muka tanah. Di sisi lain adalah adanya kawasan konservasi yang berubah fungsi menjadi kawasan budi daya misalnya menjadi kawasan pemukiman.

Dampak yang terjadi adalah peningkatan kuantitas dan kualitas kebutuhan air sekaligus penurunan ketersediaan air baik dari sisi kuantitas maupun kualitas di daerah alih fungsi lahan tersebut dan peningkatan *run-off* di daerah hilirnya yang berpotensi meningkatkan banjir.

Secara sederhana solusi dari persoalan tersebut adalah bagaimana konservasi sumber daya air dapat terus dilakukan bersamaan dengan mengoptimalkan pendayagunaan air dan pengendalian daya rusak air dengan prinsip *minimum demand* dan *minimum pollution.* Seperti halnya di *instream*, persoalan terjadi karena kepentingan teknis (rekayasa) dan aspek lingkungan berbenturan dengan aspek sosial dan ekonomi.

Sosial: pembuangan sampah, pemakaian air berlebihan, kebutuhan tempat tinggal meningkat karena peningkatan penduduk terjadi alih fungsi lahan dan pengurangan ruang terbuka hijau.

Ekonomi: peningkatan ruang terbangun (atau pengurangan ruang terbuka hijau) karena kepentingan ekonomi diantaranya alih fungsi lahan resapan air menjadi daerah permukiman atau industri, *illegal logging*.

2.3 Persoalan Air Tanah

Persoalan air tanah identik dengan persoalan air permukaan yaitu menyangkut kuantitas dan kualitas dan dampak lain seperti terjadinya *land subsidence.*

Tantangan utama yang dihadapi dalam pengelolaan air tanah di Indonesia adalah terbatasnya pasokan air dari sumber air permukaan, ketergantungan yang tinggi terhadap air tanah untuk penyediaan pasokan air, dan maraknya pengambilan sumber air ini karena tuntutan kebutuhan akan air yang terus meningkat dari tahun ke tahun, baik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat maupun pelayanan umum di pusat-pusat perkantoran, perbelanjaan, industri, pertanian, pertambangan, dan sektor-sektor lainnya (Danaryanto dkk., 2008a).

Pelayanan air bersih yang dilakukan oleh Pemerintah melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), belum dapat menjangkau seluruh wilayah. Sedangkan wilayah yang masyarakatnya sudah dilayani PDAM, belum semua kebutuhan akan air bersihnya terpenuhi 100%, sehingga menyebabkan mereka cenderung mencari cadangan sumber air bersih lain. Bahkan banyak masyarakat yang enggan berlangganan PDAM karena harus membayar biaya pemakaian setiap bulannya, dan lebih memilih memakai sumber air tanah yang lebih murah.

Sedangkan di wilayah yang sama sekali belum terlayani PDAM, masyarakat harus berupaya sendiri untuk mendapatkan air bersih, dan air tanah menjadi pilihan pertama dalam memenuhi kebutuhan akan air bersih. Hal ini mengakibatkan mengambilan air tanah oleh masyarakat menjadi semakin marak, sehingga terjadi penurunan muka air tanah (Danaryanto dkk., 2008a).

Di beberapa kota besar seperti Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, dan Denpasar serta pusat-pusat industri di Pulau Jawa, pengambilan air tanahnya sudah begitu intensif. Banyak industri atau hotel yang memiliki banyak sumur produksi, bahkan ada satu perusahaan yang memiliki lebih dari 20 sumur dengan pengambilan lebih dari 8.000 m^3 per hari. Akibatnya di pusat-pusat pengambilan air tanah terjadi kemerosotan kuantitas, kualitas, dan bahkan lingkungan air tanah (Danaryanto et al., 2005). Hal ini menyebabkan terjadinya konflik antara pihak industri dan masyarakat, karena akibat pengambilan air tanah secara intensif oleh industri menyebabkan penurunan muka air tanah (*cone depression*). Akibatnya sumur penduduk menjadi kering dan tercemar, meskipun ada kewajiban setiap industri pengambil air tanah memberikan 10% dari air tanah yang dipompa kepada masyarakat sekitar. Namun realitas hal tersebut (umumnya) tidak dilakukan.

Di samping itu hal yang cukup mengkhawatirkan adalah berubahnya daerah resapan (imbuhan) air tanah yang berubah menjadi pemukiman, perindustrian dan yang lainnya. Di sisi lain karena peningkatan penduduk kebutuhan air meningkat. Sehingga dapat dikatakan persoalan air tanah akan menjadi bertambah besar karena ketersediaan air berkurang sekaligus kebutuhan air meningkat.

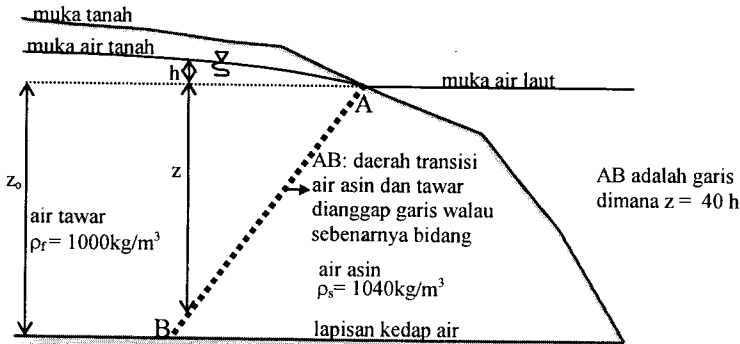
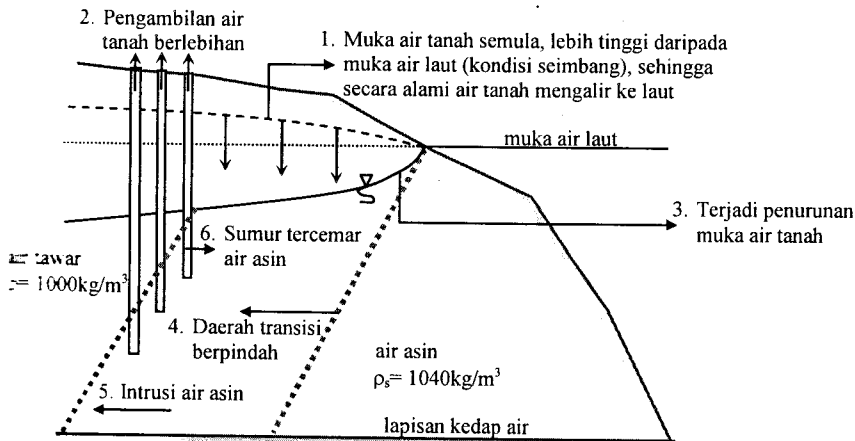
2.3.1 Dampak Pengambilan Air Tanah

Keberadaan air tanah sangat erat hubungannya dengan air permukaan. Berdasar Hukum Darcy, dijelaskan jika tinggi muka air tanah mengalami penurunan yang berkelanjutan, akibat dari eksploitasi air tanah yang berlebihan maka kemungkinan terjadinya rembesan air sungai ke akuifer sangat besar. Jika aliran sungai cukup besar, maka rembesan tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap debit sungai. Namun jika akuifer terbentuk dari tanah yang memiliki permeabilitas besar dan pencemaran yang terjadi

di sungai cukup tinggi, maka akan berpengaruh terhadap adanya pencemaran air tanah (Danaryanto dkk.. 2008a; Asdak, 2002).

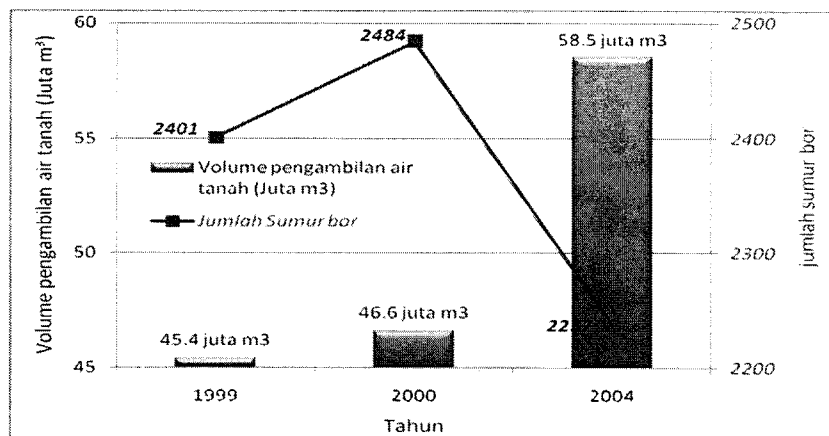
Pengambilan air tanah secara berlebihan mengakibatkan menurunnya permukaan air tanah (*land subsidence*). Penurunan permukaan air tanah akan mengakibatkan pengurangan gaya angkat tanah sehingga terjadi peningkatan tegangan efektif tanah. Akibat meningkatnya tegangan efektif ini akan menyebabkan penyusutan butiran tanah sehingga terjadi penurunan tanah (Terzhagi, 1969). Jadi penurunan terjadi karena pengambilan air tanah sekaligus peningkatan tegangan efektif secara simultan.

Di samping hal tersebut kemungkinan terjadi adanya erosi bagian dalam tanah akibat terangkutnya butir tanah di bawah muka tanah oleh penyerapan air tanah melalui pemompaan sumur dalam secara berlebihan.

Jika penurunan tinggi muka air tanah terjadi di daerah pantai akan mengakibatkan air laut mendesak air tanah yang tawar sehingga terjadi intrusi air laut. Proses tersebut diilustrasikan dalam Gambar 2-3.

a. kondisi awal keseimbangan air tanah di daerah pantai secara alami

b. proses dan kondisi setelah pengambilan air tanah berlebihan

Gambar 2-3. Kondisi di mana intrusi air laut terjadi karena keseimbangan terganggu akibat pengambilan air tanah berlebihan (Todd, 1974)

Pengambilan air tanah terutama untuk keperluan industri dan usaha komersial selalu meningkat. Pengambilan air tanah secara berlebihan di beberapa daerah telah menimbulkan dampak berupa: penurunan muka air tanah, pencemaran air tanah dan amblesan tanah.

Sebagai contoh volume pengambilan air tanah untuk industri dan usaha komersial di Cekungan Air Tanah (CAT) Bandung-Soreang mulai Tahun 1999, Tahun 2000 dan Tahun 2004 selalu meningkat seperti ditunjukkan dalam Gambar 2-4.

Gambar 2-4. Pengambilan air tanah untuk industri dan usaha komersial di CAT Bandung-Soreang

Pengambilan air tanah untuk industri dan usaha komersial di Jakarta juga tercatat selalu meningkat. Pada periode 2004 sebesar 22,64 juta m³ dengan jumlah sumur bor 3.517 sumur. Pengambilan air tanah tersebut menimbulkan kerucut penurunan (*cone of depression*) muka air tanah. Pada sistem akuifer tertekan atas, muka air tanah terdalam lebih dari 40 m di bawah muka laut (bml) dijumpai di daerah-daerah Kamal Muara, Jakarta Utara dan Ujung Menteng Jakarta Timur, sedangkan pada sistem akuifer tertekan bawah dijumpai di daerah-daerah Sawah Besar, Jakarta Barat, dan Kamal, Jakarta Utara (Danaryanto dan Hadipurwo, 2006).

2.3.2 Penurunan Muka Air Tanah

Pengambilan air tanah di Jakarta selama Tahun 2001 hingga Tahun 2006 mengakibatkan dampak penurunan muka air tanah (lihat Tabel 2-2).

Pengambilan air tanah untuk industri di Bandung & sekitarnya mengakibat-kan terjadinya kerucut penurunan muka air tanah (lihat Tabel 2-3).

Tabel 2-2. Penurunan m.a.t di Jakarta dan sekitarnya

Jakarta & sekitarnya	Akuifer kedalaman 40 -140 m	Penurunan m.a.t
Bagian Barat	Kamal dan Pejagalan (Jakarta Utara), Kapuk dan Joglo (Jak. Barat) serta Cikokol dan Batu Ceper (Kota Tangerang)	0,50 m–6,02 m
Bagian Timur	daerah Pasar Ikan dan Cilincing (Jak.Utara), Sunter, Pulo-gadung, Duren Sawit, dan Ujung Menteng (Jakarta Timur),	0,06 m–4,00 m
Bagian Tengah	Tanah Abang dan Senen (Jakarta Pusat)	0,06 m–4,00 m
Bagian Selatan	Kuningan	0,06 m–4,00 m
Jakarta & sekitarnya	Akuifer kedalaman >140 m	Penurunan m.a.t
Bagian Barat	Porisgaga (Kota Tangerang)	m.a.t di b.m.l.
	Kamal Muara dan Kamal (Jakarta Utara), Cengkareng	44 m
Bagian Timur	Kebon Sirih dan Cikini	22,83 m
Bagian Tengah	Pasar Ikan, Ancol, Mangga Dua (Jak Utara) serta Sawah Besar dan Senen (Jak Pusat)	46,66 m

Tabel 2-3. Ketinggian muka air tanah (m.a.t) dan rata-rata penurunan air tanah tiap tahun (Danaryanto dan Hadipurwo, 2006)

Akuifer kedalaman 40 -150 m	Ketinggian m.a.t di bawah muka laut
1. Cimahi Selatan	100 m
2. Dayeuhkolot	64,05 m
3. Rancaekek–Cimanggung	72,51 m
4. Majalaya	46 m
5. Beberapa tempat di Kota Bandung	22,26–77,40 m
6. Rata2 penurunan m.a.t	6,26 m/tahun
Akuifer kedalaman >150 m	Ketinggian m.a.t di bawah muka laut
Cimahi Tengah, Cimahi Selatan, Andir, Dayeuhkolot, Cikeruh, dan Rancaekek	24,98–99,54 m
Rata2 penurunan m.a.t	0,09–5,64 m/tahun

2.3.3 Pencemaran Air Tanah

Zat pencemar (*pollutant*) dapat didefinisikan sebagai zat kimia biologi, radio aktif yang berwujud benda cair, padat, maupun gas, baik yang berasal dari alam yang kehadirannya dipicu oleh manusia (tidak langsung) ataupun dari kegiatan manusia (*anthropogenic origin*) yang telah diidentifikasi mengakibatkan efek yang buruk bagi kehidupan manusia dan lingkungannya. Semua itu dipicu oleh aktivitas manusia (Watts 1997 dalam Notodarmojo, 2005).

Di beberapa wilayah di Indonesia, air tanah masih menjadi sumber air minum utama. Air tanah yang masih alami tanpa gangguan manusia, kualitasnya belum tentu bagus. Terlebih lagi yang sudah tercemar oleh aktivitas manusia, kualitasnya akan semakin menurun. Pencemaran air tanah antara lain disebabkan oleh kurang teraturnya pengelolaan lingkungan. Beberapa sumber pencemaran yang menyebabkan menurunnya kualitas air tanah antara lain (Freeze dan Cherry, 1979):

1. Sampah dari TPA
2. Tumpahan minyak
3. Kegiatan pertanian
4. Pembuangan limbah cair pada sumur dalam, dll
5. Pembuangan limbah ke tanah
6. Pembuangan limbah radioaktif.

Akibat pengambilan air tanah yang intensif di daerah tertentu dapat menimbulkan pencemaran air tanah dalam yang berasal dari air tanah dangkal, sehingga kualitas air tanah yang semula baik menjadi menurun dan bahkan tidak dapat digunakan sebagai bahan baku air minum. Sedangkan di daerah dataran

pantai akibat pengambilan air tanah yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya intrusi air laut karena pergerakan air laut ke air tanah.

Di daerah Bandung air tanah dangkal di daerah pemukiman dan industri umumnya tidak memenuhi syarat sebagai sumber air minum. Beberapa parameter yang tidak sesuai persyaratan untuk sumber air minum antara lain: kekeruhan melebihi 5 FTU, warna lebih dari 15 PtCo, pH kurang dari 6,5, Fe3+ lebih dari 0,3 mg/l, Mn2+ lebih dari 0,1 mg/l, NH4+ lebih dari 1,5 mg/l, Cl- lebih dari 250 mg/l, dan NO3- lebih dari 50 mg/l, serta mengandung bakteri coli yang berasal dari buangan tinja. Rendahnya kualitas air tanah dangkal di daerah pemukiman dan industri ini kemungkinan disebabkan oleh litologi akuifer yang merupakan endapan danau dan pencemaran dari buangan limbah domestik dan industri (Danaryanto dan Hadipurwo, 2006).

Kekeruhan dan warna dapat terjadi karena adanya zat-zat koloid berupa zat-zat yang terapung serta terurai secara halus sekali, kehadiran zat organik, lumpur atau karena tingginya kandungan logam besi dan mangan. Kehadiran amonia dalam air bisa berasal karena adanya rembesan dari lingkungan yang kotor, dari saluran air pembuangan domestik. Amonia terbentuk karena adanya pembusukan zat organik secara bakterial atau karena adanya pencemaran pertanian. Kandungan besi dan mangannya tinggi (>0,3 mg/l untuk besi, >0,1mg/l untuk mangan) disebabkan batuan penyusun akuifer yang banyak mengandung logam besi dan mangan (Danaryanto dan Hadipurwo, 2006). Pada umumnya senyawa besi dan mangan sangat umum terdapat dalam tanah dan mudah larut dalam air terutama bila air bersifat asam. Kandungan bakteri coli hanya berkembang pada sumur gali, sedang pada sumur pantek umumnya tidak mengandung bakteri coli. Pencemaan oleh adanya kandungan bakteri coli kemungkinan disebabkan oleh tangki jamban (*septic tank*) dibuat terlalu berdekatan dengan sumur atau sumur berdekatan dengan sungai yang telah tercemar oleh tinja manusia.

Di Jakarta penurunan kualitas air tanah tidak tertekan (kedalaman < 40 m) ditandai dengan adanya peningkatan nilai daya hantar listrik (DHL) air tanah, terjadi di daerah dataran bagian Barat yakni di wilayah Jakarta Utara (1–1000 μS/cm), Jakarta Barat (15–660 μS/cm), dan Kota Tangerang (40–160 μS/cm). Sedangkan di bagian Timur, terjadi peningkatan kualitas air tanah dengan penurunan nilai DHL yang terjadi di wilayah Jakarta Selatan (3–251 μS/cm), Jakarta Timur (20 μS/cm), dan Kota Bekasi (49 μS/cm). Pada sistem akuifer tertekan atas (kedalaman 40–140 m) di daerah dataran bagian Barat terjadi penurunan kualitas air tanah dengan peningkatan DHL air tanah di wilayah Kota Tangerang (60–636 μS/cm), Jakarta Utara (554 μS/cm–1900 μs/cm), dan Jakarta Pusat (14–56 μS/cm) (Danaryanto dan Hadipurwo, 2006).

Di samping itu air tanah yang semula tawar di daerah imbuhan akan menjadi payau bahkan asin ketika mendekati garis pantai karena adanya intrusi air laut ke daratan. Hal ini akibat pemompaan air tanah tawar yang berlebihan di daerah pantai yang melampaui kemampuan pasokan air yang datang dari daerah imbuhannya.

2.3.4 Amblesan Tanah

Amblesan tanah (*land subsidence*) timbul akibat pengambilan air tanah yang berlebihan pada lapisan pembawa air (akuifer) yang tertekan (*confined aquifers*). Air tanah yang tersimpan dalam pori-pori lapisan penutup akuifer akan terperas keluar yang mengakibatkan penyusutan lapisan penutup tersebut, akibatnya terjadi amblesan tanah di permukaan.

Beberapa lokasi di CAT Bandung mengalami penurunan tanah, pada periode 2000–2002, besarnya penurunan tanah berkisar antara 7 cm sampai sekitar 52 cm, dengan kecepatan penurunan berkisar antara 2–18 mm/bulan. Dalam periode tersebut, lokasi-lokasi Cimahi (Leuwigajah), Dayeuhkolot, Rancaekek merupakan lokasi yang mengalami penurunan tanah yang relatif lebih besar, yaitu masing-masing sebesar 52 cm, 46 cm dan 42 cm. Besarnya penurunan permukaan tanah di beberapa lokasi di cekungan Bandung–Soreang tidak selalu berkorelasi positif dengan volume pengambilan air tanah, tetapi dapat juga dipengaruhi oleh besarnya produktivitas akuifer dan keragaman tanah penyusunnya (Danaryanto dan Hadipurwo, 2006).

Amblesan tanah yang mempunyai sebaran cukup luas diamati terutama di dataran pantai Jakarta bagian Utara. Kecepatan penurunan tanah yang didasarkan pengukuran pada patok ketinggian adalah antara 1,3–12,0 cm/tahun. Terjadinya amblesan tanah menyebabkan kerusakan bangunan seperti retak-retak dan penurunan pondasi yang mengakibatkan pemiringan bangunan seperti terlihat pada Gambar 2-5.

Gambar 2-5. Menara miring di daerah Sunda Kelapa, Jakarta Utara (Kodoatie, 2007)

2.3.5 Air Tanah Sebagai Sumber Daya Terbarukan dan Tak Terbarukan

Air tanah meskipun termasuk dalam sumber daya alam yang dapat diperbaharui, namun proses pembentukkannya memerlukan waktu yang lama, mencapai puluhan tahun hingga ribuan tahun.

Apabila air tanah tersebut telah mengalami kerusakan kuantitas maupun kualitasnya maka proses pemulihannya akan membutuhkan waktu lama, biaya tinggi, dan teknologi yang rumit, bahkan tidak akan kembali pada kondisi awalnya. Oleh karena itu air tanah dapat dikatakan sebagai sumber daya terbarukan (*renewable*) dan sekaligus tak-terbarukan (*unrenewable resources).*

Konsep air tanah sebagai sumber daya terbarukan didasarkan pada proses alami, yaitu adanya sirkulasi pada sistem akuifer: aliran masuk (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) ataupun imbuh (*recharge*) dan luah (*discharge*). Periode proses sirkulasi pada sistem akuifer ini sangat bervariasi antara 10 sampai 100.000 tahun (Hendrayana, 2007).

Sedangkan konsep air tanah sebagai sumber daya tak-terbarukan adalah konsep periode pengisian ulang (*replenishment period*) air tanah antara 100 sampai 1.000 tahun. Periode tersebut sangat panjang dibandingkan dengan periode aktivitas manusia pada umumnya, dan perencanaan pendayagunaan sumber daya air pada khususnya (Hendrayana, 2007).

Sebagai contoh dari konsep ini adalah pada kasus pengisian air tanah. Air tanah yang meresap ke tanah sangat sedikit sedangkan sistem akuifernya sangat luas, sehingga memerlukan waktu yang sangat lama. Akan tetapi bukan berarti sistem akuifer tersebut sama sekali tidak mengalami pengimbuhan (*zero recharge*), atau tidak berhubungan dengan daur hidrologi.

Air tanah sebagai sumber daya terbarukan atau tak-terbarukan tergantung pada jarak daerah imbuhan akuifer terhadap luasan sistem akuifer atau waktu tempuh aliran air tanah hingga mencapai dan mengisi ulang akuifer tersebut. Dikatakan terbarukan jika mempunyai periode pengisian ulang antara <10-100 tahun, dan sebaliknya air tanah sebagai sumber daya tak-terbarukan jika memerlukan waktu berabad-abad ataupun sampai jutaan tahun untuk pengisiannya.

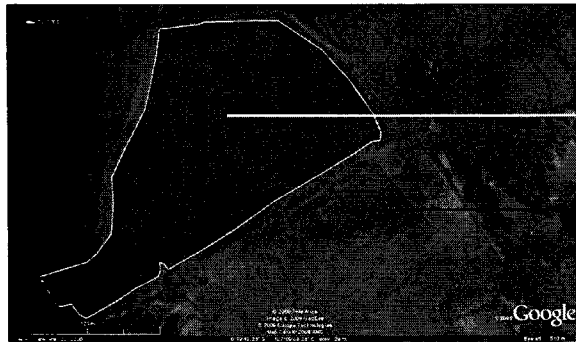
2.3.6 Alih Fungsi lahan

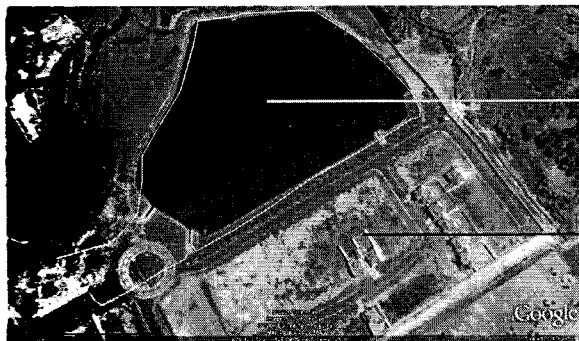
Di daerah imbuhan (*recharge area*) karena perkembangan penduduk dan pertumbuhan ekonomi terjadi alih fungsi lahan menjadi lahan permukiman, industri dll., yang mengakibatkan terjadi penurunan resapan air. Uraian dari Sub-Bab 2.3.1 sampai Sub-Bab 2.3.4 selain karena peningkatan kebutuhan air juga menyebabkan penurunan ketersediaan air tanah. Lahan yang semula berupa daerah konservasi, kawasan lindung, daerah resapan air, hutan lindung, daerah penyangga kemudian berubah menjadi daerah-daerah kedap air yang berupa pemukiman, perindustrian, perdagangan mengakibatkan terjadi dua dampak yang bersamaan.

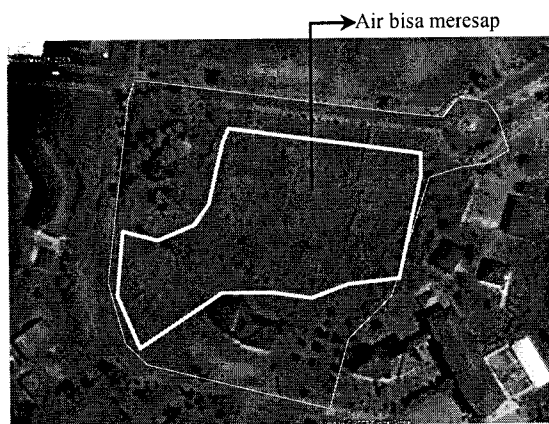
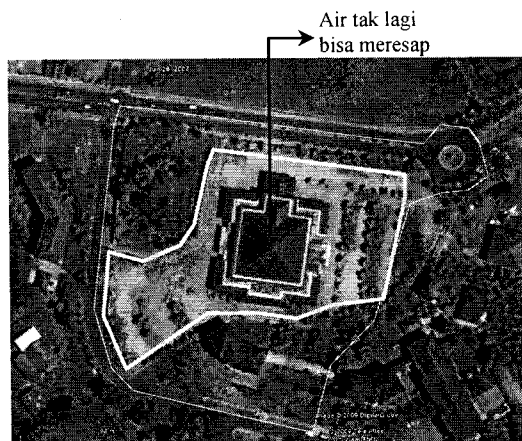
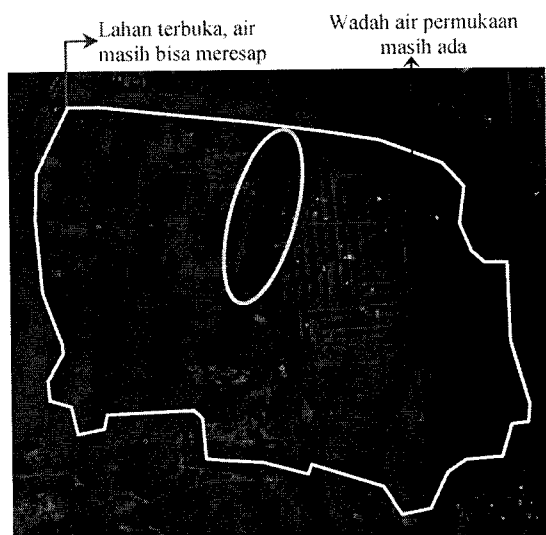
Dampak pertama adalah peningkatan kuantitas dan kualitas kebutuhan air dan dampak kedua adalah penurunan kuantitas dan kualitas ketersediaan air. Dengan kata lain kedua dampak dalam aspek pengelolaan sumber daya air berkaitan erat dengan aspek konservasi sumber daya air dan aspek pendaya-gunaan sumber daya air.

Perubahan fungsi lahan disamping memberi dampak terhadap kedua aspek pengelolaan tersebut sekaligus juga menyebabkan peningkatan aliran permukaan (*run-off*) yang menyebabkan terjadi

peningkatan potensi bencana banjir. Dalam pengelolaan sumber daya air maka hal tersebut merupakan aspek pengendalian daya rusak air.

Berikut ini dalam Gambar 2-6 dan Gambar 2-7 ditunjukkan beberapa contoh perubahan fungsi lahan (Google Earth, 2009).

a. 23 Mei 2000

b. 3 Juni 2002

c. 20 Juli 2003

Gambar 2-6. Perubahan badan air dan lahan resapan

a. Mei 2003: Lahan masih terbuka

b. Juni 2007: Gedung sudah terbangun

c. Juni 2002: lahan masih terbuka

d. Juli 2003: bangunan terbangun

Gambar 2-7. Contoh perubahan lahan untuk kebutuhan dan kepentingan manusia

BAB 3 PENGELOLAAN BENCANA TERKAIT DENGAN AIR

3.1 Kejadian Bencana

3.1.1 Umum

Walaupun belum semua bencana yang pernah terjadi di Indonesia terdata atau tercatat khususnya yang terkait dengan air baik langsung maupun tidak langsung namun beberapa kejadian bencana dapat dilihat dalam Tabel 3-1 dan Tabel 3-2. Pengertian terkait langsung maupun tidak langsung adalah bencana dan air saling mempengaruhi. Misalnya gempa bumi di Yogyakarta memberi dampak adanya likuifaksi (tanah menjadi lembek seperti bubur) dan adanya kekeringan pada sumur penduduk setelah kejadian gempa tersebut. Contoh lain adalah adanya tsunami setelah ada gempa di laut.

Tabel 3-1. Kejadian bencana di Indonesia sampai Tahun 2004 (Bakornas, 2004 dalam Panja Komisi VIII DPR RI, 2005a)

No	Jenis Bencana	Jumlah	Meninggal	Mengungsi	Perkiraan Kerugian (Rp. Juta)
1	Pencemaran Lingkungan	1	0	0	0
2	Kebakaran	287	85	16.292	175.703
3	Epidemi	22	304	0	0
4	Kegagalan Teknologi	3	497	0	0
5	Kabut Asap/Kebakaran Hutan	12	0	0	0
6	Letusan Gunung Api	45	8	39.484	0
7	Tsunami	23	22.170	1.592	1.085
8	Gempa bumi	52	7.574	17.774	798.064
9	Angin Topan	136	5.047	3.328	81.380
10	Tanah Longsor	219	435	8.231	31.286
11	Banjir	299	285	390.356	888.476

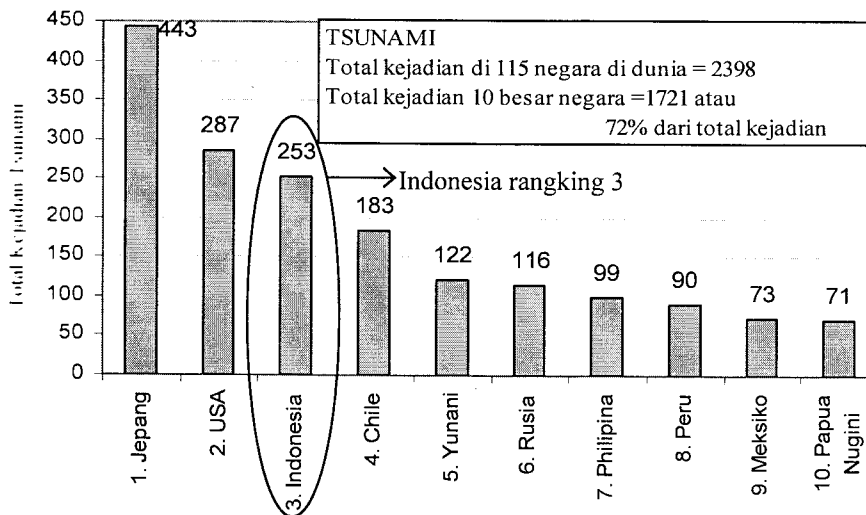
Data Tsunami di Indonesia dari Tahun 1961 sampai Tahun 2004 ditunjukkan dalam Tabel 3-2.

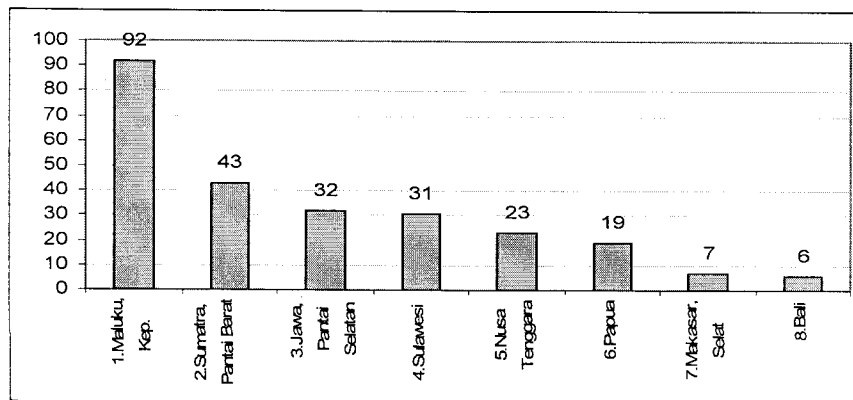
Tabel 3-2. Data kejadian Tsunami di Indonesia dari Tahun 1961 sampai Tahun 2004 (Panja Komisi VIII DPR RI, 2005a)

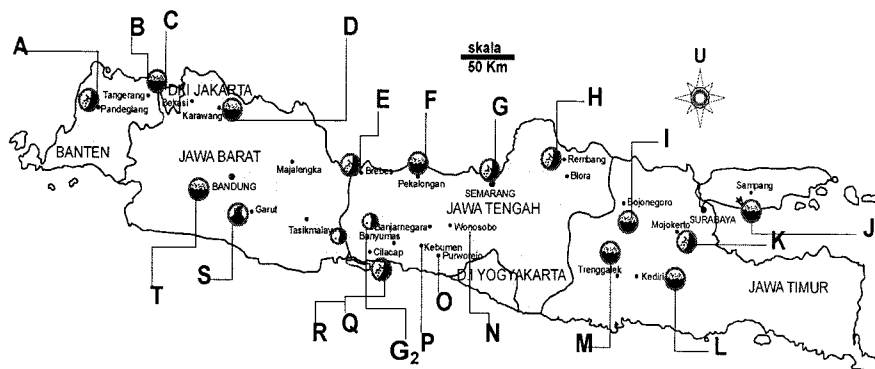
No	Tahun	Pusat Gempa	*Run-Up Maksimum (m)*	Jumlah Korban		Daerah Bencana
				Meninggal	Luka	
1	1961	8,2 LS ; 122 BT	Tak ada	2	6	NTT, Flores Tengah
2	1964	5,8,2 LU ; 95,6 BT	Tak ada	110	479	Sumatera
3	1965	2,4 LS ; 126 BT	Tak ada	71		Maluku, Seram, Sanana
4.	1967	3,7 LS ; 119,3 BT	Tak ada	58	100	Tinambung Sulsel
5.	1968	0,7 LS ; 119,7 BT	8 – 10	392		Tambo Sulteng
6.	1969	3,1 LS ; 118,8 BT	10	64	97	Majene Sulsel
7.	1977	11,1 LS ; 118,5 BT	Tak ada	316		NTB, Pulau Sumbawa
8.	1977	8 LS ; 125,3 BT	Tak ada	2	25	NTT, Flores, P. Ataure
9.	1979	8,4 LS ; 115,9 BT	Tak ada	27	200	NTB,Sumbawa,Bali,Lombok
10.	1982	8,4 LS ; 123 BT	Tak ada	13	400	NTT,Larantuka
11.	1987	8,4 LS ; 124,3 BT	Tak ada	83	108	NTT, Flores Timur, P.Pantar
12.	1989	8,1 LS ; 125,1 BT	Tak ada	7		NTT, P. Alor
13.	1992	8,5 LS ; 121,9 BT	11,2 – 26,2	1.952	2.126	NTT, Flores, P. Babi
14.	1994	10,7 LS ; 113,1 BT	19,1	38	400	Banyuwangi Jatim
15.	1996	1,1 LS ; 118,8 BT	Tak ada	3	63	Palu Sulteng
16.	1996	0,5 LS ; 136 BT	13,7	107		P. Biak, Irian Jaya
17.	1998	2,02 LS ; 124,87 BT	2,75	34		Tabuna Maliabu Maluku
18.	2000	1,11 LS ; 123,5 BT	3	4		Banggai
19.	2004	3,3 LU ; 95,779 BT	34,5	> 300.000		NAD, Sumut, Malaysia. Thailand, Srilanka, India, Myanmar, dll.

ket: LS = Lintang Selatan, BT = Bujur Timur. Pengertian *run-up* maksimum adalah gelombang tinggi yang mencapai pantai

Selama kurun waktu 4005 tahun yaitu mulai 2000 tahun sebelum Masehi sampai Tahun 2005 yang tercatat ada 2398 kejadian Tsunami di 115 negara di seluruh dunia. Total korban meninggal hampir satu juta orang. 10 negara yang mengalami jumlah kejadian terbesar Tsunami di dunia selama kurun waktu tersebut ditunjukkan dalam Gambar 3-1 (National Geophysical Data Centre, 2005). Dengan kejadian tsunami di Aceh pada Desember 2004, Indonesia menempati peringkat pertama untuk jumlah korban meninggal dan peringkat ketiga dengan jumlah kejadian 253 setelah Jepang (443 kejadian) dan Amerika Serikat (287 kejadian).

Dari 253 kejadian Tsunami di Indonesia tersebut, Kepulauan Maluku menduduki rangking pertama dengan 92 kejadian dan Bali yang paling kecil yaitu 6 kejadian. Kejadian Tsunami selama kurun 4005 (sampai sekarang) ditunjukkan dalam Gambar 3-2.

Catatan: Tsunami di Aceh Hari Minggu 26 Desember 2004 masih merupakan bencana Tsunami dengan korban jiwa terbesar selama periode 4005 tahun sampai Tahun 2005.

Gambar 3-1. 10 negara yang mengalami jumlah kejadian terbesar Tsunami di dunia dari kurun waktu 2000 tahun sebelum Masehi sampai Tahun 2005 (National Geophysical Data Centre, 2005)

Gambar 3-2. Kejadian Tsunami di Indonesia dari 2000 tahun sebelum Masehi sampai Tahun 2005 (National Geophysical Data Centre, 2005)

Kompas (9 Februari 2003) mengeluarkan tulisan khusus tentang bencana yang terjadi di Pulau Jawa. Bencana itu meliputi banjir (termasuk pula banjir bandang banjir lumpur) gempa, dan longsor. Lokasi kejadian bencana ditunjukkan dalam Gambar 3-3.

No	Bencana/ Lokasi	A	B	C	D	E	F	G	G_2	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Banjir		✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓			✓		✓			✓		✓
2	Banjir bandang										✓	✓		✓								
3	Banjir lumpur					✓													✓			
4	Gempa	✓																			✓	
5	Gunung Meletus																				✓	
6	Longsor					✓			✓				✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	
	Tahun	99	02	02	02	00	02	02	99	01	97	02	02	98	01	98	00	01	00	02	02	02

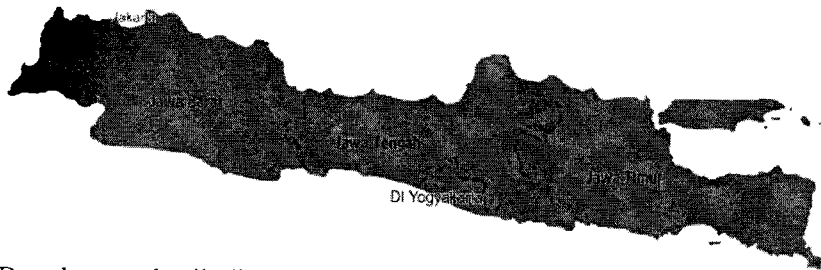
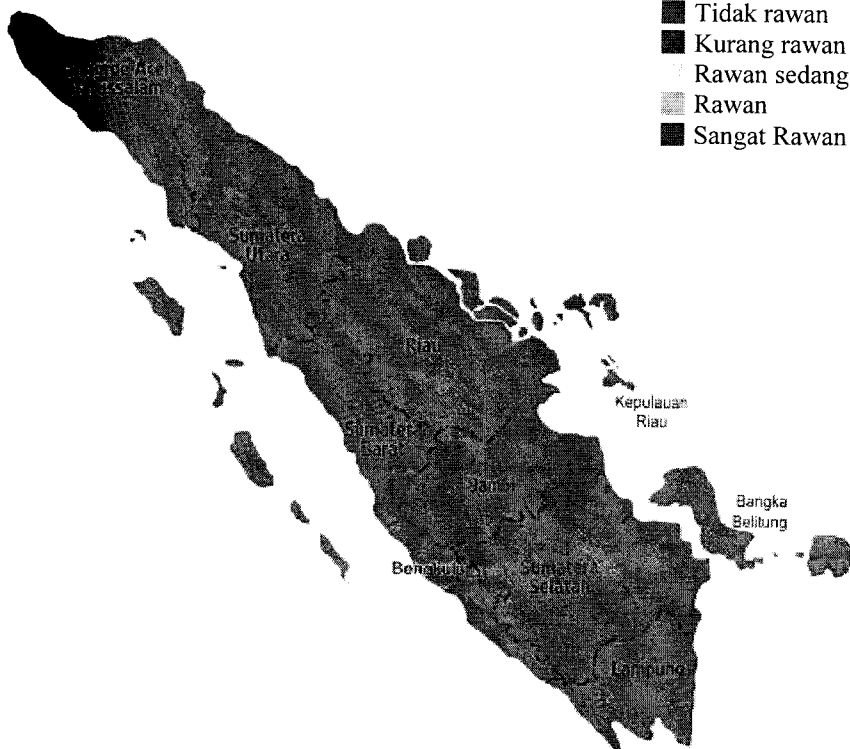
Gambar 3-3. Lokasi kejadian bencana banjir, longsor dan gempa di Pulau Jawa dari Februari Tahun 1997 sampai Januari Tahun 2003 (Kompas, 2003)

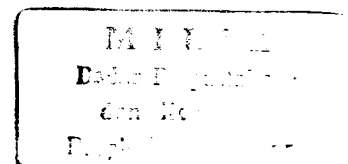
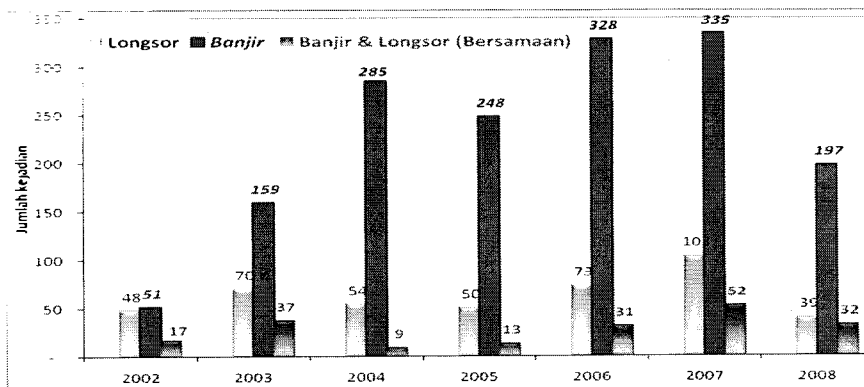
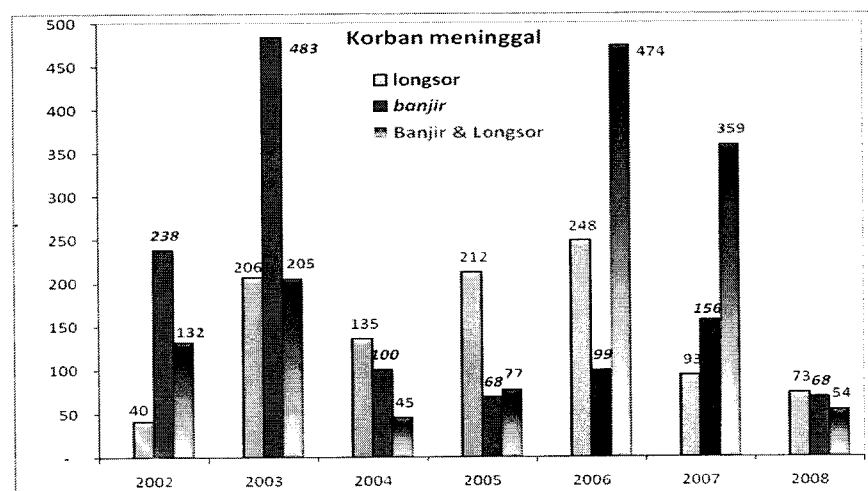
Pada 3 Februari Tahun 2009, Kompas menguraikan bencana banjir, longsor dan gempa yang telah terjadi dari Tahun 2002 sampai Tahun 2008 seperti ditunjukkan dalam Tabel-Tabel 3-3 dan 3-4 serta Gambar-Gambar 3-4 dan 3-5.

Tabel 3-3. Jumlah Korban Meninggal Akibat Bencana (Kompas, 2009)

No.	Jenis Bencana	Tahun						
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	Gempa	6	66	150	953	5784	102	12
2	Longsor	40	206	135	212	248	93	73
3	Banjir & Longsor	132	205	45	77	474	359	54
4	Banjir	238	483	100	68	99	156	68

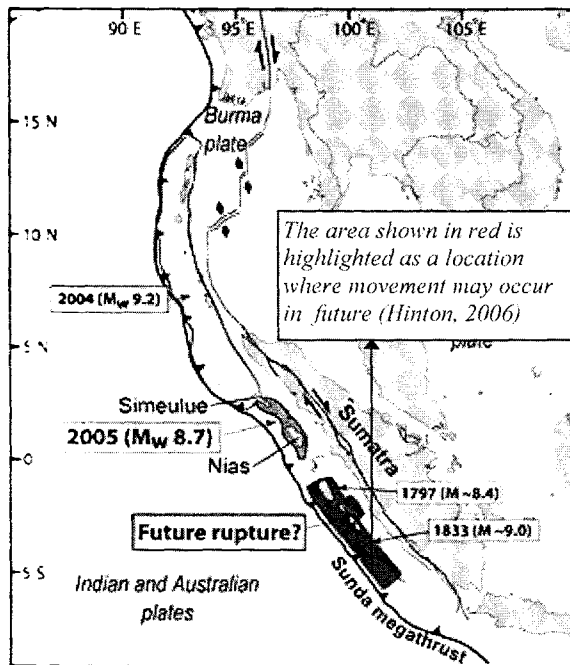
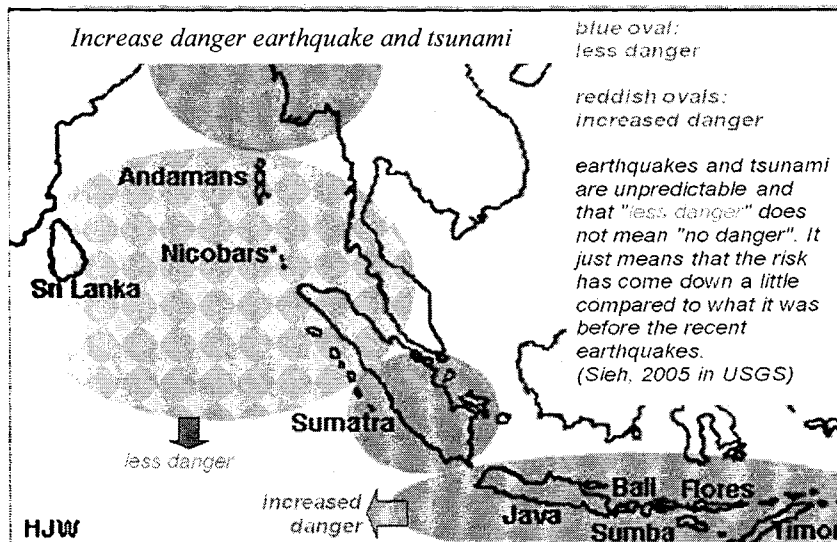
Tabel 3-4. Jumlah Kejadian Bencana (Kompas,2009)

No.	Jenis Bencana	Tahun						
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	Gempa	6	10	11	9	20	13	8
2	Longsor	48	70	54	50	73	103	39
3	Banjir & Longsor (Bersamaan)	17	37	9	13	31	52	32
4	Banjir	51	159	285	248	328	335	197

a. Daerah rawan banjir di Pulau Jawa

b. Daerah rawan banjir di Pulau Sumatra

Gambar 3-4. Daerah rawan banjir di Pulau Jawa dan Pulau Sumatra (Kompas, Februari 2009)

a. Jumlah kejadian bencana

b. Korban meninggal

Gambar 3-5. Kejadian dan korban bencana banjir, longsor, banjir & longsor (bersamaan) (Kompas, Februari 2009)

3.1.2 Potensi Bencana Masa Depan

Setelah bencana besar gempa dan tsunami Aceh, Bangsa Indonesia masih mengalami banyak bencana yang menimbulkan kerugian harta dan jiwa yang sangat banyak. Belum lama ini telah terjadi bencana Gempa Tasikmalya dan bencana Situ Gintung, Cireundeu, Tangerang, Banten yang menimbulkan banyak kerugian harta dan korban jiwa. Di Indonesia, bencana selalu terjadi sepanjang tahun. Potensi bencana besar di masa depan ditunjukkan dalam Gambar 3-6.

a. Potensi bencana di Barat Sumatra (Hinton, 2006)

b. Peningkatan potensi bencana di Sumatra, Jawa, Bali, NTT dan NTB

△**Gunung Anak Krakatau (Rakata)**

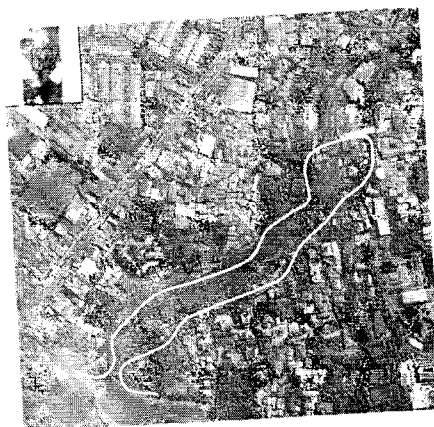
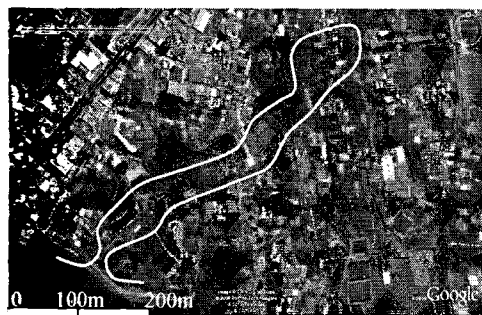
ketinggiannya mencapai 304.8 m di atas muka laut, diameternya mencapai 1,6 km dan terus bertambah. Gunung ini semakin tinggi sekitar 12 inchi/tahun (30 cm/tahun). Kini gunung api ini lebih menyerupai remaja yang mudah marah daripada seorang bocah. Mungkin akan berkembang menjadi semakin kejam seperti ibunya yang meletus Tahun 1833 (Billups, 2003).

c. Beberapa bencana gempa dan tsunami yang sudah terjadi dan potensinya di masa depan

Gambar 3-6. Bencana gempa dan tsunami yang sudah terjadi di Indonesia dan potensinya di masa depan (Hinton, 2006; Sieh, 2005; Kodoatie, 2006)

3.1.3 Pembelajaran Dari Bencana Situ Gintung

Bangsa Indonesia kembali berduka setelah terjadinya bencana Situ Gintung. Gambar 3-7 menunjukkan situasi Situ Gintung sebelum dan setelah bencana. Bencana ini telah menimbulkan kerugian harta benda dan korban jiwa yang sangat besar. Kita harus sadar bahwa disamping air sebagai salah satu sumber kehidupan sekaligus juga mempunyai daya rusak yang besar.

Kita juga harus mengetahui bahwa kondisi tata guna lahan seperti yang ada di sekitar Situ Gintung untuk seluruh Indonesia ada banyak sekali. Banyak pemukiman dan lahan-lahan yang padat penduduknya tinggal bersebelahan dengan waduk-waduk besar, atau di sekitar tebing yang tinggi baik itu di daerah dataran tinggi, di daerah terjal maupun di pinggir sungai yang mempunyai ketinggian tebing yang besar. Potensi jebolnya tanggul, longsornya tebing dan runtuhnya daerah dengan kemiringan curam sangat besar.

a. sebelum bencana (Google Earth, 2002) b. setelah bencana (CRISP, 2009)

Gambar 3-7. Peta situasi Situ Gintung sebelum dan setelah bencana

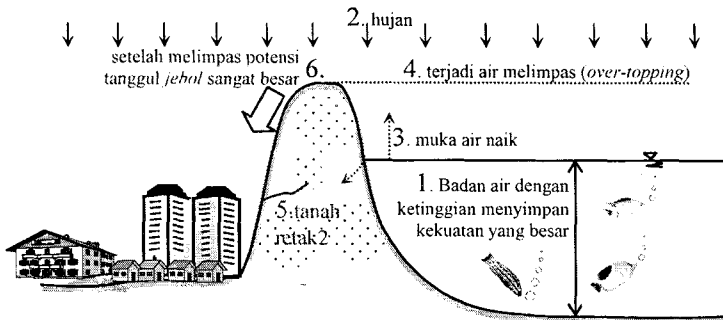
Ada banyak faktor teknis yang menyebabkan terjadinya longsor baik faktor-faktor alam maupun faktor akibat tindakan manusia, diantaranya seperti ditunjukkan dalam Tabel 3-5.

Tabel 3-5. Faktor-faktor penyebab longsor(Richardson et al., 1990)

1. Parameter hidraulik:		
• Berat spesifik G • Temperatur. • Kekentalan air. • Debit. • Durasi.	• Frekuensi. • Kecepatan air. • Distribusi kecepatan air. • Aliran turbulen. • Gaya geser.	• Gaya tarik (*Drag Force*). • Gaya angkat (*Lift Force*). • Momentum. • Limpasan air di atas tanggul.
2. Karakteristik material dasar dan tebing sungai:		
• Ukuran. • Gradasi.		• Bentuk. • Berat Jenis.
3. Karakteristik tebing:		
• Material: *Non cohesive* atau *Cohesive.* • *composite (*campuran material *cohesive* dan *non-cohesive)* • Tebing satu kemiringan atau *stratified.*		• Batuan (*rock).* • Ketinggian. • Kemiringan.
4. Aliran di dalam (*subsurface flows*):		
• Gaya-gaya gelombang. • Gaya-gaya rembesan.		• *Piping.* • *Sapping.*
5. Gelombang angin:		
• Gaya gelombang.		• Erosi permukaan.
6. Faktor-faktor biologis:		
• Vegetasi. • Pohon-pohonan.		• Semak-semak (*shrubs*). • Rumput.
7. Kehidupan binatang:		

• [illegible]	• Binatang pengerat.
Faktor-faktor oleh manusia (*man-induced factors*):	
• Fluktuasi kolam akibat pembangkit tenaga. • Aktifitas pertanian. • Penambangan. • Transportasi.	• Urbanisasi. • Drainase. • Pengembangan dataran banjir. • Lintas air.

Begitu kompleknya penyebabnya maka pemahaman yang baik tentang proses kegagalan tebing (longsor) hanya dapat dilakukan dengan evaluasi, kajian dan analisis yang detail dari data yang cukup dan memadai.

Seperti ditunjukkan dalam Tabel 3-5, proses jebolnya suatu tanggul dapat terjadi karena beberapa sebab diantaranya: tanggul tak kuat menahan tekanan air, terjadi limpasan air di atas tanggul, terjadinya retakan rambut yang terus membesar sehingga terjadi *sliding* (longsor). Contoh proses jebolnya tanggul ditunjukkan dalam Gambar 3-8.

Gambar 3-8. Salah satu contoh proses jebolnya tanggul karena limpasan

Jenis longsor ada bermacam-macam dan ditunjukkan dalam Tabel 3-6.

Tabel 3-6. Jenis longsor (Dikau dkk., 1997)

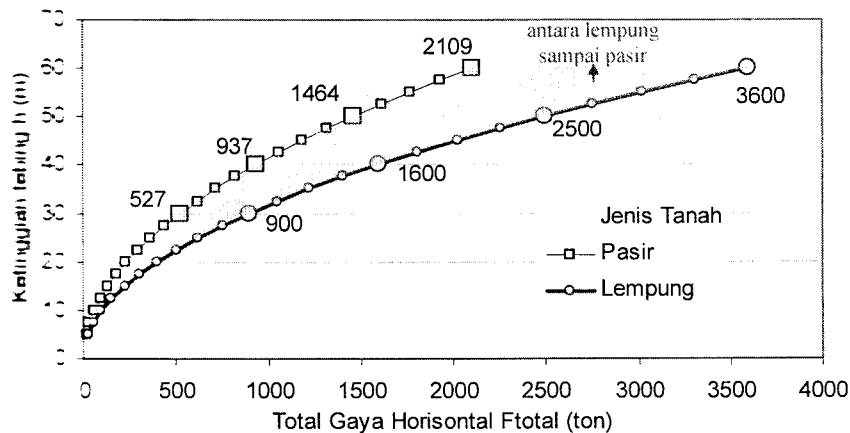
1. Jatuh/ Runtuh (*Fall*) 2. Tumbang (*Topple*) 3. Gelincir (*Slide*) o Gelincir berputar(*Slide rotational.* o Gelincir bergeser (*Slide translational*) o Gelincir blok (*Block slide*) o Gelincir lempeng (*Slab slide*) o Gelincir batuan (*Rock slide*) o Gelincir debris (*Debris slide*) o Gelincir lumpur (*Mudslide*)	4. Penyebaran (*spreading*) o Penyebaran ke samping (*lateral spreading*) o Penyebaran batuan (*rock spreading*) o Penyebaran tanah (*soil/debris spreading*) 5. Aliran (*flow*) o Aliran batuan (*rock flow/sackung*). o Aliran lahar (*debris flow*) o Aliran tanah/lumpur (*soil flow/mudflow*) 6. Kompleks atau gabungan

Seperti diketahui bahwa tanah yang jenuh air mempunyai tekanan aktif yang besar sesuai dengan ketinggiannya. Besarnya gaya yang bekerja untuk berbagai ketinggian tebing dan jenis tanah dijelaskan dalam Gambar 3-9.

Dalam Gambar 3-9 terlihat besarnya gaya horisontal total (minimal) yang bekerja pada suatu kondisi tebing tertentu. Pengertian minimal berarti masih ada gaya-gaya horisontal yang lain (misal beban di puncak tebing: adanya bangunan kendaraan berat yang berjalan, adanya kolam air yang cukup luas).

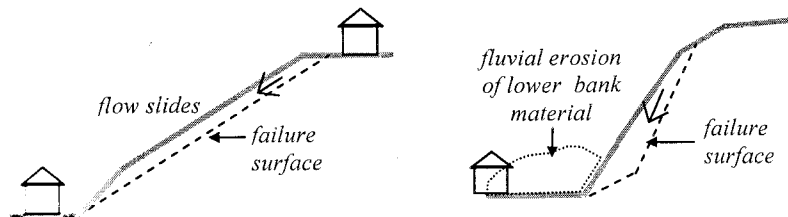
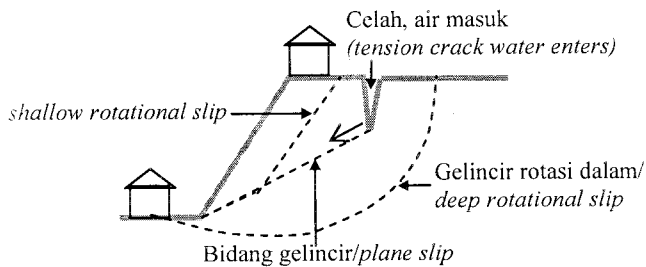
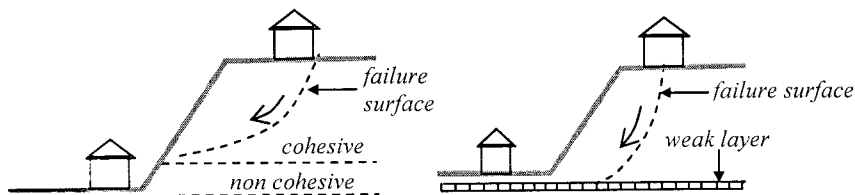
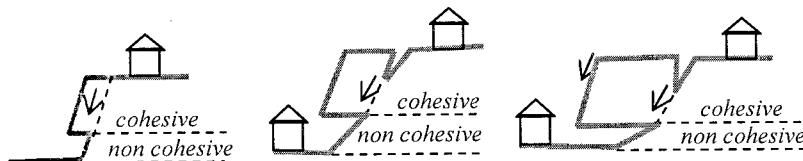
Untuk ketinggian tebing h = 30 m (lihat Gambar 3-9a) dengan tanah tipe pasir, maka ada gaya F_{total} sebesar 527 ton dan dengan tanah tipe lempung F_{total} sebesar 900 ton yang bekerja yang potensial memberikan pengaruh longsor. Semakin tinggi tebing semakin besar total gaya horisontal; bila ketinggian tebing h = 60 m, tanah tipe pasir maka ada gaya F_{total} sebesar 2109 ton dan tanah tipe lempung F_{total} sebesar 3600 ton.

F_1 = gaya horizontal akibat air F_2 = gaya horizontal akibat tekanan tanah aktif

a. Kondisi suatu tebing dan gaya horisontal (minimal) yang bekerja

b. Besarnya gaya horisontal F_{total} (=F_1+F_2 dalam Gambar a) untuk berbagai ketinggian (h) dan jenis tanah. Contoh untuk tinggi 30 m → F = 527 ton.

Gambar 3-9. Kondisi tebing dengan berbagai ketinggian, jenis tanah dan gaya horisontal minimal yang bekerja

Untuk jenis tanah pasir (*sand*) dan lempung (*clay*) beberapa jenis kelongsoran tipikal ditunjukkan dalam Gambar 3-10.

Beberapa kelongsoran tipikal ditunjukkan dalam Gambar 7-1.

a. Jenis **tanah pasir (*sand*) → *non-cohesive material***

b. ***Cohesive material* (*clay*)**

cantilever failure patterns

c. ***composite* (*campuran material cohesive dan non-cohesive*)**

Gambar 3-10. Beberapa tipikal kelongsoran tebing dengan material tanah yang berbeda (Richardson dkk., 1990)

Uraian di atas ingin menjelaskan bahwa untuk tinggal di daerah tebing maka harus ekstra hati-hati, karena gaya yang timbul apabila di dalam tebing berisi air adalah sangat besar per meter larinya.

Kejadian ini harus menjadi pembelajaran untuk masa depan bangsa, walau dengan kerugian harta dan jiwa yang sangat besar. Operasi dan pemeliharan harus menjadi salah satu bagian yang penting setelah pasca-pembangunan suatu bangunan air yang besar seperti waduk, tanggul, embung.

Perlu dilakukan evaluasi dan review penataan ruang yang ada yang dikaitkan dengan bencana akibat daya rusak air terutama di kawasan-kawasan semacam Situ Gintung. Selain itu, penegakan hukum (*law enforcement*) harus ditingkatkan untuk mencegah pembangunan tak terkendali dan tanpa perencanaan terutama pembangunan yang melibatkan publik.

Dari uraian tersebut perlu kita merenung: apa yang salah dengan kejadian dan korban bencana tersebut? Perenungan ini harus dijawab oleh seluruh komponen bangsa ini. Lebih-lebih dengan adanya potensi bencana masa depan yang akan timbul maka secara bersama kita semua, seluruh Bangsa Indonesia tanpa kecuali harus sadar, berbuat, bertindak nyata sesuai dengan kapasitas, tugas dan fungsi masing-masing untuk dapat memitigasi (reduksi), mencegah, bersiap menghadapi, menanggulangi, dan meminimalkan kejadian bencana.

Atau kalau toh masih ada bencana, kita bersama sebagai bangsa yang besar harus dapat meminimalisir dampak dari bencana tersebut.

3.2 Pengertian dan Jenis Bencana

Ada beberapa pengertian atau definisi tentang bencana, beberapa definisi cenderung merefleksi karakteristik berikut ini (Carter, 1991; UU No 24, 2007):

- Gangguan atau kekacauan pada pola normal kehidupan. Gangguan atau kekacauan ini biasanya hebat, terjadi tiba-tiba, tidak disangka dan wilayah cakupan cukup luas atau menimbulkan banyak korban.
- Dampak ke manusia seperti kehilangan jiwa, luka2, dan kerugian harta benda.
- Dampak ke pendukung utama struktur sosial dan ekonomi seperti kerusakan infrastruktur: sistem jalan, sistem air bersih, listrik, komunikasi dan pelayanan utilitas penting lainnya.
- Ancaman bencana adalah suatu kejadian atau peristiwa yang bisa menimbulkan bencana.
- Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat.
- Rawan bencana adalah kondisi atau karakteristik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial. budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu.

Dari beberapa kamus bencana atau *disaster* diterjemahkan sebagai:

- Suatu kejadian yang menyebabkan kerugian atau kerusakan besar dan kemalangan serius atau tiba-tiba (Webster's New World Dictionary, 1983).
- Suatu kecelakaan yang sangat buruk terutama yang menyebabkan banyak orang meninggal (Collins Cobuild Dictionary, 1988).
- Kejadian yang merugikan, kemalangan tiba2, malapetaka (New Webster Dictionary, 1997).

Definisi bencana dalam buku *Disaster Management – A Disaster Manager's Handbook* (Carter 1991) adalah: Suatu kejadian, alam atau buatan manusia, tiba-tiba atau progesive, yang menimbulkan

dampak yang dahsyat (hebat) sehingga komunitas (masyarakat) yang terkena atau terpengaruh harus merespon dengan tindakan-tindakan luar biasa.

Dalam UU No 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana, bencana didefinisikan sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

Selanjutnya masih menurut UU No 24 Tahun 2007 bencana terdiri atas: bencana alam, bencana non-alam dan bencana sosial yang masing-masing didefinisikan sebagai berikut:

- Bencana alam: bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, Tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.
- Bencana nonalam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam, antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi dan wabah penyakit.
- Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antarkelompok atau antarkomunitas masyarakat, dan teror.

Secara lebih spesifik untuk lokasi tertentu yaitu di pesisir, dalam UU No 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil, bencana pesisir didefinisikan sebagai kejadian karena peristiwa alam atau karena perbuatan orang yang menimbulkan perubahan sifat fisik dan/atau hayati pesisir dan mengakibatkan korban jiwa, harta, dan/atau kerusakan di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil.

UU No 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air tidak menyebutkan definisi bencana secara eksplisit namun dikategorikan dalam aspek pengendalian daya rusak air. Disebutkan bahwa daya rusak air adalah daya air yang menimbulkan kerusakan dan/atau bencana. Menurut UU No 7. Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air, jenis-jenis daya rusak air yaitu daya air yang menimbulkan kerusakan dan/atau bencana ditunjukkan dalam Tabel 3-7.

Menurut Buku *Disaster Management Handbook* (Carter, 1991), jenis bencana ditunjukkan dalam Tabel 3-8.

Tabel 3-7. Jenis bencana menurut UU Sumber Daya Air Tahun 2004

1. Banjir.	7. Terancam punahnya jenis tumbuhan dan/atau satwa.
2. Erosi dan sedimentasi.	8. Wabah penyakit.
3. Tanah longsor.	9. Intrusi.
4. Banjir lahar dingin.	10. Perembesan.
5. Tanah ambles.	*Catatan: kekeringan seharusnya masuk kategori bencana dan diusulkan dimasukkan dalam UU Sumber Daya Air (Kodoatie dan Sjarief, 2005)*
6. Perubahan sifat dan kandungan kimiawi, biologi, dan fisika air.	

Dalam UU No 24 Tahun 2007, disebutkan jenis bencana seperti ditunjukkan dalam Tabel 3-9.

Tabel 3-8. Jenis bencana menurut UU No. 24 Tahun 2007

No.	Katagori	No.	Jenis	No.	Kategori	No.	
A	Bencana Alam	1	gempa bumi	C	Bencana Sosial	11	konflik sosial antar kelompok
		2	tsunami			12	konflik sosial antar komunitas masyarakat
		3	gunung meletus			13	teror
		4	banjir				
		5	kekeringan				
		6	angin topan				
		7	tanah longsor				
B	Bencana Non-alam	8	gagal teknologi				
		9	gagal modernisasi				
		10	epidemi & wabah penyakit				

Dalam buku Disaster Management Handbook disebutkan ada 11 bencana seperti ditunjukkan dalam Tabel 3-9.

Tabel 3-9. Bencana menurut "Disaster Management Handbook" *(Carter, 1991)*

1. Gempa Bumi.	7. Kebakaran (Hutan, di Kota).
2. Letusan Gunung Berapi.	8. Kekeringan.
3. Tsunami.	9. Wabah/Epidemi.
4. Angin Topan.	10. Kecelakaan Besar.
5. Banjir.	11. Kerusuhan Massa.
6. Tanah Longsor.	

Ada tambahan jenis bencana, yaitu (Kodoatie, 2008b):

- Bencana asap
- Bom
- Bencana: akibat kegagalan teknologi, akibat salah kebijakan: sumur resapan di daerah longsor, izin perumahan di daerah resapan menyebabkan banjir, akibat kelalaian, akibat salah perencanaan, akibat salah pelaksanaan, akibat pelanggaran (Hukum, NSPM): Membuang Sampah di Sembarang Tempat Dilarang, menuai banjir! Menanam Tanaman Semusim Di Daerah kerentanan tanah dengan gerakan tinggi menyebabkan longsor

Bila bencana-bencana dari beberapa sumber tersebut digabungkan, maka jenis bencana ditunjukkan dalam Tabel 3-10.

Di Indonesia, semua jenis bencana dalam Tabel 3-10 ternyata ada dan terjadi → patut kita merenung dan merefleksi diri. Perlu disadari pula bahwa tak ada satupun bangsa di dunia yang ditakdirkan hidup berdampingan dengan segala bencana kecuali bangsa Indonesia (Kompas, 1 Januari 2005).

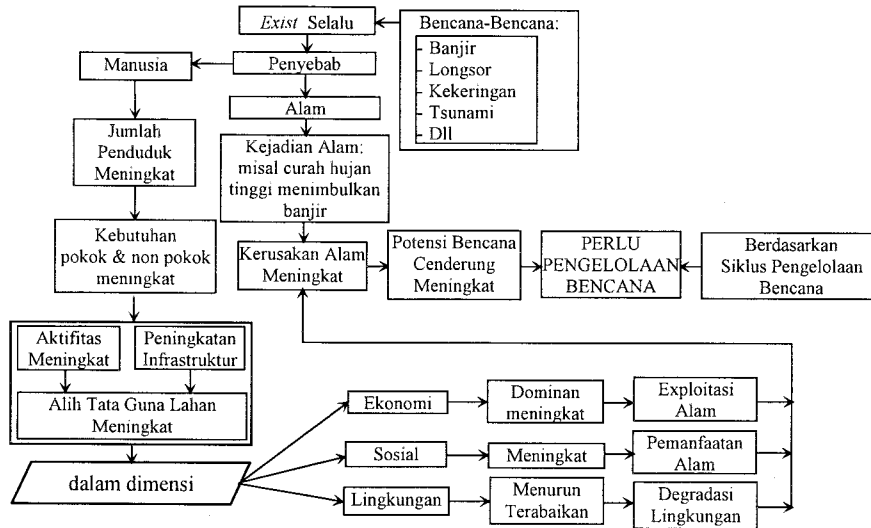
Tabel 3-10. Gabungan bencana (UU No 24 Tahun 2007; UU No 26 Tahun 2007; UU No7 Tahun 2004; Carter, 1991; Kodoatie, 2008 dengan elaborasi)

Jenis Bencana	Jenis Bencana
1. Angin topan (puting beliung, tornado, angin puyuh, angin bohorok, *lesus*). 2. Asap. 3. Badai 4. Banjir lahar dingin. 5. Banjir. 6. Bencana akibat gagal modernisasi 7. Bencana akibat kegagalan teknologi. 8. Bencana akibat kelalaian. 9. Bencana akibat pelanggaran hukum/NSPM: membuang sampah di sebarang tempat→ mengakibatkan banjir, menanam tanaman semusim di daerah longsor. 10. Bencana akibat salah kebijakan: *sumur resapan di daerah longsor*, izin perumahan di daerah resapan. 11. Bencana akibat salah pelaksanaan 12. Bencana akibat salah perencanaan 13. Bom. 14. Erosi dan sedimentasi. 15. Gelombang besar.	16. Gempa bumi. 17. Gunung meletus. 18. Intrusi. 19. Jatuhnya Pesawat Terbang. 20. Kapal tenggelam di laut. 21. Kebakaran (Hutan, di Kota). 22. Kecelakaan besar. 23. Kekeringan. 24. Kerusuhan massa. 25. Konflik sosial antar-kelompok atau antar-komunitas masyarakat 26. Perembesan. 27. Perubahan sifat dan kandungan kimiawi, biologi, dan fisika air. 28. Tanah ambles. 29. Tanah longsor. 30. Terancam punahnya jenis tumbuhan dan/atau satwa. 31. Teror. 32. Tsunami. 33. Wabah penyakit atau epidemi.

3.3 Penyebab Bencana

Penyebab bencana dapat dibagi menjadi dua, yaitu: alam dan manusia. Secara alami bencana akan selalu terjadi di muka bumi, misal Tsunami, gempa bumi, gunung meletus, jatuhnya benda-benda dari langit ke bumi (misal meteor), tidak adanya hujan pada suatu lokasi dalam waktu yang relatif lama sehingga menimbulkan bencana kekeringan, atau sebaliknya curah hujan yang sangat tinggi di suatu lokasi menimbulkan bencana banjir dan tanah longsor.

Bencana oleh aktifitas manusia adalah terutama akibat eksploitasi alam yang berlebihan. Eksploitasi ini disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang terus meningkat. Pertumbuhan ini mengakibatkan kebutuhan pokok dan non-pokok meningkat, kebutuhan infrastruktur meningkat, alih tata guna lahan meningkat.

Dari uraian tersebut penyebab bencana khususnya banjir, longsor, kekeringan, Tsunami, dan bencana lainnya yang terkait dengan air serta pengelolaannya secara sederhana ditunjukkan dalam Gambar 3-11.

Gambar 3-11. Diagram sederhana kejadian bencana (Global Water Partnership, 2001; Carter, 1991; Kodoatie & Syarief, 2005)

3.4 Pengelolaan Risiko

3.4.1 Periode Ulang

Pertahanan bencana (*disaster defence*) secara struktur atau fisik dibangun dengan tujuan utama adalah untuk melindungi jiwa dan harta benda manusia serta untuk menjamin kelanjutan aktifitas sosial dan ekonomi. Perlu diketahui bahwa pertahanan bencana untuk jenis bencana tertentu tidak bisa 100 % melindungi manusia terhadap semua kemungkinan kejadian jenis bencana tersebut.

Sebagai contoh untuk bencana banjir, pembangunan penahan (*defence*) banjir atau pengendali (*control*) banjir tidak bisa 100 % atau secara mutlak melindungi manusia (atau membebaskan) dari semua kemungkinan kejadian banjir. Analisis perencanaan banjir menggunakan periode ulang (*return period*) untuk menentukan kapasitas penampang (debit maksimum yang diijinkan), misalnya Q_{100}, Q_{50}, Q_{25}, Q_{10}, Q_5, dll. Q_{25} berarti debit didesain untuk periode ulang 25 tahun. Penampang sungai didesaian untuk dapat mengalirkan debit dengan periode (kala) ulang Q_{25}.

Pengertian Q_{25} tidak berarti terjadi banjir setiap 25 tahun. Analisis periode ulang debit menggunakan ilmu statistik dalam menentukan besaran I tersebut, yaitu dalam konsep analisis kemungkinan (*probability*). Pemahamam analisis itu diungkapkan dalam dua contoh berikut: ambil sebuah dadu, kemudian lemparkan dadu itu. Bila menginginkan angka dua yang keluar, maka dengan mudah sekali kita lihat bahwa kemungkinannya adalah 1/6 atau enam belas dua pertiga persen. Kapan akan keluar angka dua, tidak diketahui waktunya. Contoh berikutnya, bila kita akan bepergian mengendarai mobil, maka pada saat sebelum berangkat kita tidak tahu apa yang bakal terjadi di tengah jalan (*uncertainty*). Yang kita harapkan semoga dapat selamat sampai tujuan. Dari pertanyaan "semoga selamat sampai tujuan", secara

tersirat kita sudah mempunyai padangan atau bisa menerima bahwa kecelakaan mungkin bisa terjadi. Artinya kita bisa menerima adanya unsur *risk factor* (Kodoatie, 1995a dan 2001a).

Besarnya kemungkinan terjadinya kecelakaan, kita perkecil dengan beberapa usaha dan tindakan. Antara lain, untuk faktor-faktor internal, usaha yang kita lakukan adalah memeriksa kondisi kesehatan kita apakah sudah siap untuk mengendarai mobil, juga mobil dan segala peralatan vitalnya kita cek seperti, rem, kondisi ban, lampu, dan lain-lainnya. Untuk faktor-faktor-eksternal, apakah jalan dalam kondisi baik, pertimbangan "Apakah pengendara mobil yang lain akan berhati-hati seperti yang akan kita lakukan?" dan lain sebagainya.

Di sini terlihat bahwa, semakin besar dan banyak usaha atau tindakan kita, maka semakin kecil peluang/kemungkinan terjadinya kecelakaan, walaupun tidak bisa kita jamin 100 % selamat. Tetapi, biaya atau dana yang kita butuhkan menjadi semakin besar. Batasan usaha dan tindakan kita, bergantung pada kemampuan khususnya dana yang kita miliki. Bisa saja kita membuat mobil yang super kuat, namun dari kacamata ekonomi tidak layak (*feasible*).

Demikian halnya dengan intensitas hujan I, yang merupakan salah satu parameter penyebab banjir. Ada dua prinsip dasar yang harus dipahami. Pertama, andaikata kita menganalisis I dengan periode ulang dua puluh lima tahunan kemungkinan atau peluang untuk I setiap tahunnya adalah 1/25 atau empat persen. Untuk I lima puluh tahunan, kemungkinan terjadi setiap tahunnya adalah 1/50 atau dua persen, dan untuk I seratus tahunan 1/100 atau satu persen. Kemungkinan atau peluang yang terjadi setiap tahunnya, akan semakin kecil bila kala ulangnya semakin besar. Kedua bila kita menggunakan I rencana dengan kata ulang dua puluh lima tahunan (I_{25}) pada perencanaan sungai, tidak berarti tahun berulangnya adalah tiap dua puluh lima tahun, tetapi terdapat kemungkinan dalam seribu tahun misalnya akan terjadi empat puluh kejadian dengan I sama atau lebih besar dari I dengan kala ulang dua puluh lima tahunan.

Debit merupakan fungsi dari I, sehingga bila kita memakai I dengan kala ulang dua puluh lima tahunan (I_{25}) maka debit juga dengan kala ulang dua puluh lima tahunan (Q_{25}). Pengertian Q_{25} adalah sama dengan pengertian I_{25}, yaitu bahwa Q_{25} tidak berarti tahun berulangnya adalah tiap dua puluh lima tahun, tetapi terdapat kemungkinan dalam seribu tahun misalnya akan terjadi empat puluh kejadian dengan Q sama atau lebih besar dari Q dengan kala ulang dua puluh lima tahunan. Demikian pula dalam waktu seratus tahun akan terjadi 4 kejadian dengan Q sama atau lebih besar dengan Q_{25}. Kapan terjadinya tidak diketahui, namun setiap tahun besar kemungkinannya adalah 1/25 atau 4% (Kodoatie, 1995a dan 2001a).

Dari uraian tersebut, maka kala ulang dapat didefinisikan sebagai interval waktu dari suatu peristiwa yang mencapai suatu harga tertentu atau melampaui harga tersebut. Umumnya data hidrologi yang dipakai sebagai dasar perhitungan I rencana, adalah data curah hujan harian maksimum tahunan yang hanya terjadi sekali setiap tahunnya. Maka fungsi waktunya adalah tahunan.

Mengingat besaran I yang disebabkan oleh curah hujan merupakan hasil dari suatu proses alam yang mengikuti siklus hidrologi, besarnya tidak bisa diduga, hanya Tuhan Yang Maha Esa yang tahu. Ramalan cuaca di televisi setiap hari, sebenarnya juga telah mengakui keterbatasan manusia untuk menganalisis peristiwa alam secara eksak. Hujan yang terjadi di kota-kota di Indonesia, yang bisa menyebabkan banjir, oleh badan meteorologi diramal. Istilah "diramal", mengandung konotasi bisa terjadi dan bisa tidak. Di sini kita berbicara lagi tentang kemungkinan (*probability*).

Namun dari data atau peristiwa lampau yang kita rekam, hujan-hujan terbesar yang menyebabkan banjir maksimum bila dilihat proses fenomenanya akan mempunyai kejadian berulang. Data lampau yang ada, kita proses berdasar analisis hidrologi untuk meramal dan memperkirakan besarnya debit dengan periode ulang yang kita inginkan.

Secara ideal, dalam kajian studi kelayakan suatu proyek analisis yang dilakukan banyak sekali dan sangat beragam, namun pada prinsipnya dapat dikelompokan menjadi enam aspek. Yaitu aspek-aspek teknis, ekonomi, sosial-budaya, hukum, kelembagaan dan lingkungan. Aspek-aspek itu berpengaruh terhadap manfaat dan terhadap sumber dana yang ada. Analisis teknis akan menghasilkan kekuatan dan stabilitas dari bangunan yang direncanakan, sehingga dapat diketahui umur bangunan, aspek ekonomi akan mengkontribusi keuntungan (*benefit*) yang diperoleh dari pembuatan proyek tersebut, aspek sosial-budaya akan memberikan jawaban manfaat dan risiko/respon positif dan negatif terhadap masyarakat. Aspek hukum berupa norma, standard, pedoman dan manual (NSPM), aspek kelembagaan berupa peran-peran institusi serta aspek lingkungan mempelajari dampak positif dan negatif akibat adanya proyek tersebut. Semua aspek tersebut, dianalisis dan dioptimasi sehingga muncul suatu pertanyaan apakah proyek tersebut layak dilaksanakan.

Pengendalian banjir tidak berarti suatu daerah bebas banjir, tetapi lebih mengarah kepada usaha untuk mengurangi risiko banjir serta penanggulangan-nya. Usaha-usaha sistem pengendalian banjir, juga menelusuri kajian analisis seperti di atas dengan memakai tolok ukur periode ulang tertentu.

Dari analisis teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan yang dikaitkan dengan analisis risiko (*risk of failure*), para penentu kebijakan dan perencana berusaha untuk mendapatkan nilai yang optimal sehingga dapat dihitung periode ulang yang akan dipakai.

Di Jakarta misalnya, dipakai debit banjir rencana (dihitung dari I rencana) dengan periode ulang 50 tahunan (Q_{50}). Karena dengan padatnya penduduk dan segala fasilitas serta utilitasnya, risiko kerugian jiwa, harta benda, dan materi akan lebih besar bila dibandingkan dengan suatu daerah rural yang sedikit atau bahkan tak ada penduduknya. Di daerah itu bisa dipakai kala ulang yang lebih kecil, misalnya Q 5 tahunan (Q_5); karena bila terjadi banjir lebih besarpun, risiko kerugiannya secara ekonomi dan sosial akan lebih kecil.

3.4.2 Pengelolaan Risiko

Pengelolaan risiko menyangkut beberapa substansi penting, yaitu kebijakan dan strategi pengelolaan, perangkat peraturan-perundangannya, kebutuhan finansial, organisasi pengelola dan alat-alat manajemen.

Salah satu tanggung jawab Pemerintah baik pusat maupun daerah dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah pengurangan risiko bencana dan pemaduan pengurangan risiko bencana dengan program pembangunan.

Beberapa hal yang terkait dengan risiko seperti tercantum dalam UU No 24 Tahun 2007 dijelaskan sebagai berikut. Perencanaan penanggulangan bencana dilakukan dalam situasi tidak terjadi bencana. Perencanaan tersebut dilakukan melalui penyusunan data tentang risiko bencana pada suatu wilayah dalam waktu tertentu berdasarkan dokumen resmi yang berisi program kegiatan penanggulangan bencana. Dalam perencanaan bencana juga dilakukan pilihan tindakan pengurangan risiko bencana.

Beberapa substansi terkait dengan risiko ditunjukkan dalam Gambar 3-12.

UU No 27 Tahun 2007

Penyelenggara penanggulangan bencana → rangkaian upaya:
- penetapan kebijakan pemb berisiko bencana
- pencegahan bencana
- tanggap darurat
- rehabilitasi

Risiko bencana: potensi kerugian yang timbul akibat bencana suatu wilayah & kurun waktu tertentu, berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat.

Analisis risiko bencana: penelitian & studi tentang kegiatan yang memungkinkan terjadinya bencana.

Mitigasi rangkaian upaya mengurangi risiko bencana:
- pembangunan fisik
- penyadaran & peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana

Pencegahan bencana rangkaian kegiatan mengurangi/ menghilangkan risiko bencana melalui pengurangan:
- ancaman bencana
- kerentanan pihak yang terancam bencana

Pembangunan yang punya risiko tinggi menimbulkan bencana: kegiatan pembangunan yang memungkinkan terjadinya bencana, a.l.:
- pengeboran minyak bumi
- eksplorasi tambang
- pembuatan senjata nuklir
- pembabatan hutan.
- pembuangan limbah

Lanjutan UU No 27 Tahun 2007

Mitigasi bencana: upaya untuk mengurangi risiko bencana secara struktur/fisik melalui pembangunan fisik alami dan/atau buatan maupun nonstruktur atau nonfisik melalui peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana di wil pesisir & pulau2 kecil.

Kewajiban melaksanakan mitigasi bencana: Tiap orang berada di wil pesisir & pulau2 kecil wajib melaksana-kan mitigasi bencana terhadap kegiatan yang berpotensi mengakibatkan kerusakan wil pesisir & pulau2 kecil.

- Mitigasi dilakukan untuk mengurangi risiko bencana bagi masyarakat yang berada di wil pesisir & pulau2 kecil rawan bencana dan dilakukan melalui
- kegiatan struktur/fisik, meliputi: pembangunan sistem peringatan dini, pembangunan infrastruktur, pengel lingkungan untuk mengurangi risiko bencana
- Kegiatan nonstrukur/nonfisik meliputi: penyusunan peraturan per-uu-an, penyusunan peta rawan bencana, penyusunan peta risiko bencana, penyusunan AMDAL, penyusunan tataruang, penyusunan zonasi, pendidikan, penyuluhan, dan penyadaran masyarakat.

- Risiko = produk dari kemungkinan/*probability* dan konsekuensi/*consequence* atau →
  RISIKO = KEMUNGKINAN X KONSEKUENSI
- Bilamana konsekuensi diganti dengan manfaat (*benefit*), maka menjadi peluang (*opportunity*):
  PELUANG = KEMUNGKINAN X MANFAAT
  (Mockett & Simm, 2002).

- Risiko adalah sebuah kombinasi antara kemungkinan (*probability*) dengan frekuensi kejadian dari kerugian (kerusakan) yang disadari dari suatu bahaya (*hazard*) (Fleming, 2002).
- Risiko adalah sebuah kombinasi antara kemungkinan (*probability*) dengan frekuensi kejadian dari kerugian (kerusakan) yang disadari dari suatu bahaya (*hazard*) (Fleming, 2002).
- Risiko adalah bahaya yang dapat terjadi akibat sebuah proses yang sedang berlangsung atau kejadian yang akan datang (http://id.wikipedia.org/wiki/ Risiko).
- risiko dari sudut pandang asuransi adalah ketidak pastian dari kerugian (*uncertainty of loss*). (http://s2informatics. files.wordpress.com/2007/11/introduction.pdf).
- Pengelolaan risiko adalah aktifitas mitigasi dan monitoring risiko yang dominan terjadi setelah taraf penilaian proyek (Mockett & Simm, 2002).

Gambar 3-12. Beberapa substansi terkait dengan risiko

Pengurangan risiko bencana dilakukan untuk mengurangi dampak buruk yang mungkin timbul dengan kegiatannya, meliputi:

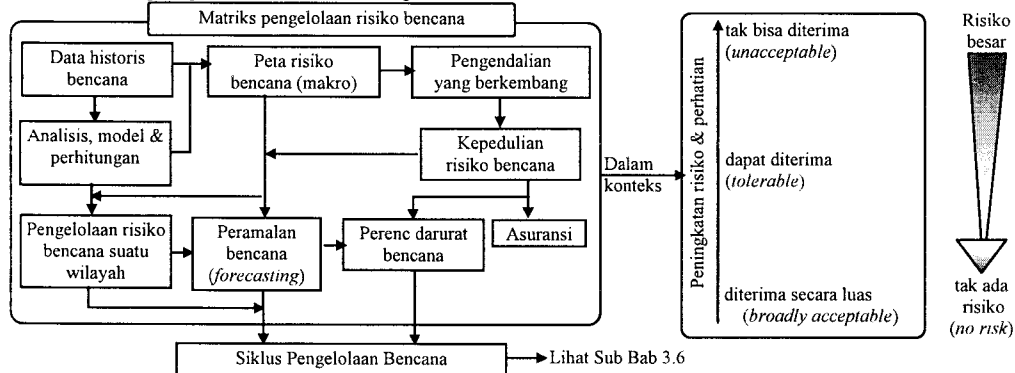
- Pengenalan dan pemantauan risiko bencana.
- Perencanaan partisipatif penanggulangan bencana.
- Pengembangan budaya sadar bencana.
- Peningkatan komitmen terhadap pelaku penanggulangan bencana.
- Penerapan upaya fisik, nonfisik, dan pengaturan penanggulangan bencana.

Persyaratan analisis risiko bencana disusun dan ditetapkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Pemenuhan syarat analisis risiko bencana ditunjukkan dalam dokumen yang disahkan oleh pejabat pemerintah sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Badan Nasional Penanggulangan Bencana melakukan pemantauan dan evaluasi atas pelaksanaan analisis risiko.

Penegakan rencana tata ruang dilakukan untuk mengurangi risiko bencana yang mencakup pemberlakuan peraturan tentang tata ruang, standar keselamatan, dan penerapan sanksi terhadap

pelanggar. Peringatan dini dilakukan untuk pengambilan tindakan cepat dan tepat dalam rangka mengurangi risiko terkena bencana serta mempersiapkan tindakan tanggap darurat. Mitigasi bencana dilakukan untuk mengurangi risiko bencana bagi masyarakat yang berada pada kawasan rawan bencana.

3.4.3 Pendekatan Menyeluruh Pengelolaan risiko

Pendekatan pengelolaan risiko ditunjukkan dalam Gambar 3-13.

Gambar 3-13. Pengelolaan risiko (Huntingdon & MacDougall, 2002; HSE, 1999 dengan elaborasi)

3.5 Pengertian Pengelolaan Bencana

UU No 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana menyatakan bahwa penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah serangkaian upaya yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana, kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat, dan rehabilitasi.

Pengelolaan didefinisikan sebagai suatu aktifitas, seni, cara, gaya, pengorganisasian, kepemimpinan, pengendalian, dalam mengendalikan atau mengelola kegiatan (New Webster Dictionary, 1997; Echols dan Shadily, 1988; Webster's New World Dictionary, 1983; Collins Cobuild, 1988). Tahapan pengelolaan dimulai dari perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, operasi dan pemeliharaan, organisasi, kepemimpinan, pengendalian, sampai pada evaluasi dan monitoring.

Pengelolaan bencana didefinisikan sebagai suatu ilmu pengetahuan terapan (aplikatif) yang mencari, dengan observasi sistematis dan analisis bencana, untuk meningkatkan tindakan-tindakan (*measures*) terkait dengan preventif (pencegahan), mitigasi (pengurangan), persiapan, respon darurat dan pemulihan (Carter, 1991).

Phase utama dan fungsi pengelolaan atau manajemen secara umum termasuk dalam pengelolaan bencana, meliputi (Grigg, 1992):

1. Perencanaan (*planning*).
2. Pengorganisasian (*organising*).
3. Kepemimpinan (*directing*).
3. Pengkoordinasian (*coordinating*).
4. Pengendalian (*controlling*).
5. Pengawasan (*supervising*).
6. Penganggaran (*budgeting*).
7. Keuangan (*financing*).

1. Perencanaan

Proses perencanaan umumnya melalui langkah-langkah:

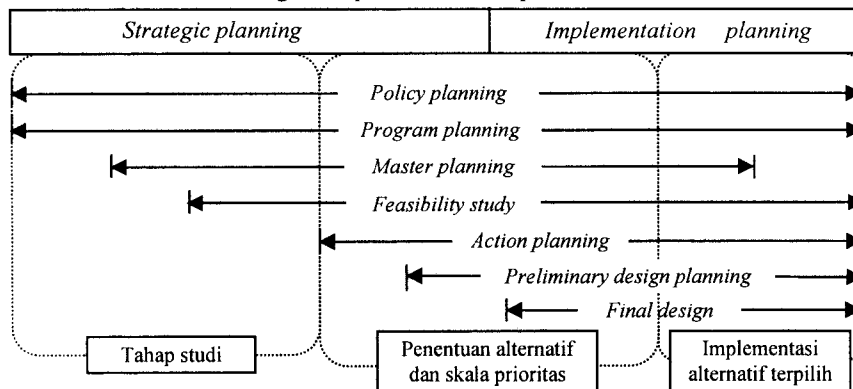
- Identifikasi masalah bencana atau bisa juga identifikasi sasaran/tujuan pengelolaan bencana yang ditargetkan. Hal ini terkait dengan visi dan misi pengelolaan bencana baik nasional, provinsi maupun kabupaten/kota.
- Pengumpulan data primer dan sekunder: data primer dapat diperoleh dari pengumpulan data langsung daerah yang sudah teridentifikasi rawan bencana ataupun daerah yang mengalami bencana. Data primer dapat dilakukan secara teknis misalnya data geologi, hidrologi, topografi dan lainnya. Sedangkan data sekunder dilakukan dengan cara antara lain pengumpulan semua laporan yang ada, peta2, gambar2, dan dokumentasi.
- Penentuan metode yang akan dipakai. Dalam menentukan metode dilakukan berdasarkan tujuan dan target yang akan dicapai dengan skema yang secara sederhana adalah masukan – proses – keluaran. Kajian pustaka merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan metode dan merupakan bagian dari "proses". Substansi dari kajian pustaka lebih dominan kepada penjelasan teori, metode, rumus-rumus yang dipakai dan langkah kegiatan menyeluruh yang akan diimplementasikan.
- Investigasi, analisis atau kajian. Kegiatan ini harus dilakukan dalam semua aspek, diantaranya: teknis, sosial, budaya, ekonomi, hukum, kelembagaan dan lingkungan. Kesemua hasil investigasi, analisis atau kajian dari aspek tersebut harus diintegrasikan (dipadukan) untuk mendapatkan *out-put* yang optimal.
- Penentuan solusi dengan berbagai alternatif. Dari hasil kajian menyeluruh dan terpadu maka dapat ditentukan berbagai alternatif desain. Salah satu cara yaitu alternatif-alternatif desain dapat dibuat matriks tentang keuntungan dan kerugian masing-masing alternatif. Pengertian keuntungan dan kerugian tidak hanya dilihat dari aspek ekonomi namun minimal harus ditinjau dari aspek-aspek sosial, budaya dan lingkungan. Dari solusi yang ada maka dapat ditentukan pemilihan alternatif dan untuk rencana tindaknya (*action plan*) perlu pula dilakukan penentuan skala prioritas.

Untuk kesuksesan suatu proses maka perlu ada suatu konsep strategi dan implementasi perencanaan yang jelas. Strategi perencanaan mengakomodasi rencana-rencana mendesak, jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Strategi perencanaan ini melalui beberapa tingkatan (*stage*). Sedangkan implementasi perencanaan merupakan aplikasi atau aksi dari strategi.

Salah satu contoh tingkatan perencanaan dapat dilihat dalam Gambar 3-14.

Strategic planning | *Implementation planning*

Policy planning
Program planning
Master planning
Feasibility study
Action planning
Preliminary design planning
Final design

Tahap studi
Penentuan alternatif dan skala prioritas
Implementasi alternatif terpilih

Gambar 3-14. Tingkatan perencanaan Grigg (1988) dengan elaborasi oleh Kodoatie dan Sjarief (2005)

Implementasi dari tingkatan perencanaan seperti ditunjukkan dalam Gambar 3-13 ditransformasikan ke dalam siklus pengelolaan bencana dengan tahapan-tahapan jauh sebelum bencana, pra-bencana, saat menjelang bencana, saat bencana dan pasca bencana seperti diuraikan dalam Sub-Bab 3.6.

2. Pengorganisasian (*organising*)

Organize berarti mengatur. Sehingga pengorganisasian merupakan pengaturan dalam pembagian kerja, tugas, hak dan kewajiban semua orang (pihak) yang masuk dalam suatu kesatuan/kelompok organisasi. Pembagian dan struktur organisasi didasarkan atas berbagai hal misalnya dari tingkat pendidikan, lamanya bertugas, keahlian dan ketrampilan yang dimiliki dan lainnya.

Dalam hampir semua kegiatan diperlukan suatu organisasi yang bisa berdasarkan atas struktur/strata maupun fungsi. Organisasi diperlukan dalam pengelolaan bencana karena beberapa faktor penting, diantaranya (Carter, 1991; Kodoatie dan Sjarief, 2005 dengan elaborasi):

- Berbeda dengan organisasi lainnya, organisasi ini harus dapat secara dinamis bertindak dalam semua situasi dan kondisi. Saat jauh sebelum bencana organisasi ini harus mampu melakukan perencanaan, pengembangan dan rencana tindak yang memadai dan (*appropriate*). Sedangkan saat pra bencana dapat menyiapkan tindakan-tindakan preventif, mitigasi dan persiapan. Saat bencana sampai pasca bencana mampu berintervensi secara cepat dan efektif mengatasi dampak bencana, melakukan respon dan pemulihan.
- Ancaman bencana sebagai pertimbangan dasar menentukan bentuk organisasi.
- Kebijakan, visi dan misi, kerangka kerja legislatif dan finansial yang dikaitkan dengan ancaman serta risiko bencana merupakan dasar pembentukan organisasi secara nasional (menyeluruh) sampai ke tingkat lokal.
- Kebutuhan operasional, misal untuk bencana longsor maka pemahaman tentang alat2 penggalian & pengerukan bagi staf tertentu yang sudah dilatih.
- Kemampuan sumber yang cukup: fasilitas, peralatan, suplai dan personil.
- Definisi dari tugas dan fungsi dari organisasi.
- Kerjasama sinergis dengan instansi/dinas dan *stakeholders* yang telah ada.
- Kebutuhan arah yang jelas target dan sasarannya, petunjuk dan sistem pengelolaan yang bisa dipahami dalam persepsi yang sama oleh semua pihak.
- komponen-komponen organisasi yang tersistem dan terstruktur.
- Sifat kegiatan dan pertimbangan-pertimbangan berdasarkan kompromi dari *business as usual to emergency situation and condition* atau *business as usual to emergency action* terutama pada saat bencana.

3. Kepemimpinan (*directing*)

Lebih dominan ke aspek-aspek *leadership*, yaitu proses kepemimpinan, pembimbingan, pembinaan, pengarahan, *motivator*, *reward and punishment*, konselor, dan pelatihan. Para pemimpin minimal perlu menguasai aspek-aspek tersebut dalam upaya mensukseskan kepemimpinan kepada stafnya. Dengan kepemimpinan yang baik maka tujuan dari kegiatan dapat tercapai dengan sukses. Beberapa karakter dari kepemimpinan yang baik antara lain demokratis, transparan, percaya diri, jujur, berkemauan keras. mau bekerja keras, akuntabilitas, mampu berkomunikasi, berwibawa, dinamis.

Kepemimipinan khususnya dalam pengelolaan bencana mempunyai peran yang vital karena akan mempengaruhi semua aspek dalam semua tingkatan. Faktor lain yang membedakan dengan pengelolaan

yang lain adalah bahwa pengelolaan bencana sesuai dengan siklusnya mempunyai kondisi tahapan-tahapan berbeda yaitu pada kondisi-kondisi normal menuju kondisi kritis dan darurat. Penyesuaian karakter kepemimpinan yang cepat, efektif, efisien dan dinamis mutlak diperlukan menghadapi kondisi-kondisi yang berbeda tersebut.

4. Pengkoordinasian (*coordinating*)

Koordinasi adalah upaya bagaimana mengorganisasi sumber daya manusia (SDM) agar ikut terlibat, mempunyai rasa memiliki, mengambil bagian atau dapat beperan serta dengan baik sebagian maupun menyeluruh dari suatu kegiatan sehingga dapat dipastikan SDM dapat bekerja secara tepat dan benar.

Situasi dan kondisi yang baik dan kondusif dapat menciptakan kerjasama yang baik dan terpadu antar bagian. Namun, untuk menghadapi bencana, koordinasi harus dapat tetap terjaga terutama pada kondisi dan situasi kedaruratan saat dan pasca bencana. Semua SDM perlu memahami dan mengerti tugas, pokok dan fungsi dari keseluruhan siklus pengelolaan.

Di sinilah koordinasi sangat berperan sehingga terjadi keseimbangan harmoni antara hak dan kewajiban dari SDM ataupun antar bagian dari sistem organisasi yang ada. Koordinasi bisa bersifat horizontal yaitu antar bagian yang mempunyai kedudukan setara maupun vertikal yaitu antar suatu bagian dengan bagian di atasnya atau di bawahnya sesuai dengan struktur yang ada.

5. Pengendalian (*controlling*)

Pengendalian merupakan upaya kontrol, pengawasan, evaluasi dan monitoring tehadap SDM, organisasi, hasil kegiatan dari bagian-bagian ataupun dari seluruh kegiatan yang ada. Manfaat dari pengendalian ini dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas dari sisi-sisi waktu (*time*), ruang (*space*), biaya (*cost*) dan sekaligus untuk peningkatan kegiatan baik secara kuantitas maupun kualitas.

Pengendalian ini juga berfungsi sebagai alat untuk mengetahui bagaimana kegiatan atau bagian dari kegiatan itu bekerja. Penyimpangan atau kesalahan dapat segera diketahui dan diperbaiki. Pengendalian ini juga berfungsi untuk menekan kerugian sekecil mungkin dan juga harus menyesuaikan dengan perubahan situasi dan kondisi normal ke kondisi kritis dan atau darurat. Pengendalian harus dilakukan secara tepat (*appropriate*) artinya pengendalian terutama dalam situasi darurat jangan sampai menjadi penghambat karena proses yang berbelit-belit namun tidak pula menggampangkan atau terlalu menyederhanakan (hampir) semua hal sehingga bisa mengakibatkan timbulnya penyimpangan-penyimpangan.

6. Pengawasan (*supervising*)

Pengawasan dilakukan untuk memastikan SDM berkerja dengan benar sesuai dengan fungsi, tugas dan kewenangannya. Pengawasan juga berfungsi untuk memastikan suatu proses sudah berjalan dengan semestinya dan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan tujuan, target dan sasaran. Di samping itu pengawasan juga berfungsi untuk mengetahui suatu kerja atau kegiatan sudah dilakukan dengan benar.

7. Penganggaran (*budgeting*)

Dalam kegiatan pembangunan, penganggaran menjadi suatu bagian terpenting untuk suksesnya maksud dan tujuan dari kegiatan tersebut. Demikian halnya untuk pengelolaan bencana, penganggaran juga menjadi salah satu faktor utama suksesnya suatu proses pembangunan baik dalam situasi normal

maupun darurat mulai dari, studi, perencanaan, konstruksi, operasi dan pemeliharaan infrastruktur kebencanaan maupun peningkatan sistem infrastruktur yang ada. Penentuan anggaran yang terencana dan tersistem sekaligus merupakan salah satu alat pengelolaan. Karena dalam penganggaran unsur biaya yang dikeluarkan (*expenditure*) dan unsur pendapatan (*revenue*) harus menjadi satu kesatuan kajian yang utuh, sehingga perencanaan penganggaran sekaligus merupakan bagian yang penting bahkan yang utama dalam pengelolaan.

Pengelolaan anggaran secara menyeluruh merupakan penghubung dari proses-proses perencanaan (*planning*), operasional, pemeliharaan, pemanfaatan sampai pada proses kontrol, evaluasi dan monitoring dalam pengelolaan bencana. Laporan anggaran yang lengkap harus meliputi kriteria-kriteria antara lain sebagai pendukung kebijakan, petunjuk operasional, dan sebagai alat mediator dalam berkomunikasi (City of Fort Collins, 1986 di dalam Grigg, 1988).

8. Finansial

Awal dari perencanaan finansial adalah proses penganggaran. Ketika tugas, pokok dan fungsi dari tiap-tiap kegiatan institusi sudah teridentifikasi, langkah-langkah selanjutnya adalah merencanakan program program kerja, pehitungan biaya dan manfaat, analisis risiko dan kesuksesan program (Grigg, 1988).

Secara umum di dalam perencanaan finansial ada beberapa langkah penting yang perlu dilakukan yaitu (Government Finance Research Centre, 1981): analisis biaya, analisis kemampuan membayar (*ability-to-pay analysis*), analisis pendapatan (*revenue analysis*), analisis sensitivitas, analisis dampak sekunder.

Aspek-aspek finansial meliputi aspek-aspek pembiayaan, penganggaran, pendapatan dan biaya, penilaian. Dengan kata lain aspek finansial sudah harus mencakup keseluruhan manajemen namun dalam batas finansial saja.

Untuk pengelolaan suatu kegiatan aspek finansial sering menjadi kendala utama dalam suksesnya pengelolaan. Keterbatasan dana menjadi salah faktor kunci kegagalan dari pengelolaan bencana.

Secara filosofis, ada beberapa substansi yang perlu dalam pengelolaan bencana, meliputi:

- Bencana memberi dampak mulai yang sangat kecil sampai ke sangat besar, tergantung dari antara lain jenis bencana, luas areal yang terkena, *land-use*.
- Kerugian baik jiwa maupun materi (harta) dialami oleh semua lapisan masyarakat, *stakeholders* maupun pemerintah.
- Dari dua hal tersebut maka penanggung jawab utama pengelolaan bencana ada di Pemerintah yang berperan dominan sebagai enabler.
- Pemerintah dibantu oleh *stakeholder* terkait.

Bila dibentuk institusi pengelola bencana, maka:

- Tidak duplikasi dengan tugas dan fungsi institusi yang sudah ada.
- Tidak berdiri sendiri, sangat tergantung dengan institusi yang sudah ada.
- Bukan sebagai badan pengontrol institusi lain yang sudah ada.
- Berupa *overlap* yang sinergis.

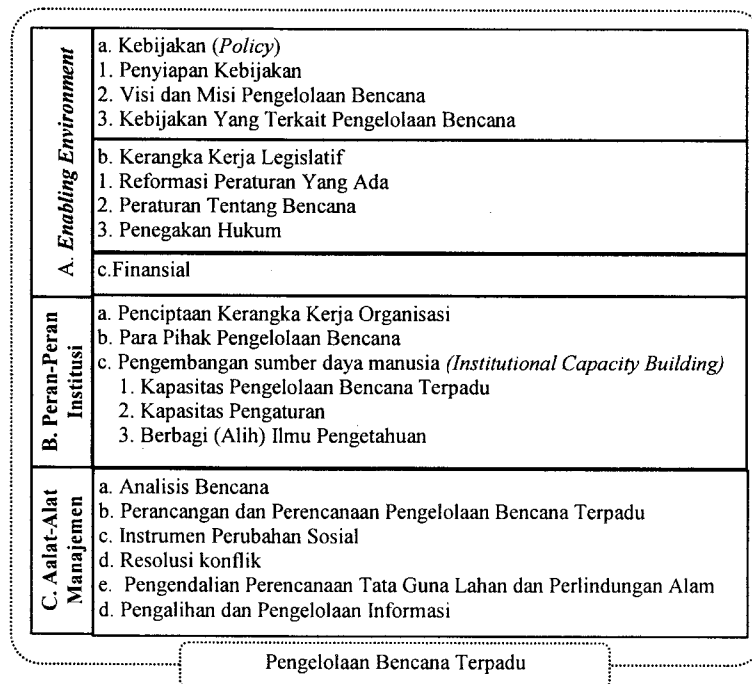
Bencana-bencana banjir, longsor, kekeringan dan Tsunami terkait dengan kekuatan atau daya rusak air. Oleh karena itu disamping substansi-substansi filosofi pengelolaan bencana yang telah disebutkan di atas maka ada beberapa tambahan substansi penting untuk filosofi pengelolaan bencana khususnya yang terkait dengan daya rusak air. Hal ini disebabkan bahwa air bila dibandingkan dengan sumber daya alam yang lain mempunyai ciri khas dan unik yang menyebabkan air menjadi spesial untuk dikelola.

3.6 Pengelolaan Bencana Terpadu

Pengelolaan bencana terpadu merupakan penanganan integral yang mengarahkan semua *stakeholders* dari pengelolaan bencana sub-sektor ke sektor silang.

Secara lebih spesifik pengelolaan bencana terpadu (khususnya yang terkait dengan daya rusak air) dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang mempromosikan koordinasi pengembangan dan pengelolaan bencana dan pengelolaan aspek lainnya yang terkait langsung maupun tidak langsung dalam rangka tujuan untuk mengoptimalkan resultan kepentingan ekonomi dan kesejahteraan sosial khususnya dalam kenyamanan dan keamanan terhadap bencana dalam sikap yang cocok/tepat tanpa mengganggu kestabilan dari ekosistem-ekosistem penting. Proses ini juga mengimplementasikan suatu ilmu pengetahuan terapan (aplikatif) yang mencari, dengan observasi sistematis dan analisis bencana, untuk meningkatkan tindakan-tindakan (*measures*) yang terorganisir dan sistematis terkait dengan preventif (pencegahan), mitigasi (pengurangan), persiapan, respon darurat dan pemulihan (Kodoatie & Sjarief, 2006 dengan elaborasi dari GWP, 2001; Carter, 1991; Panja Komisi VIII DPR RI, 2005b; Kodoatie dan Sjarief, 2005).

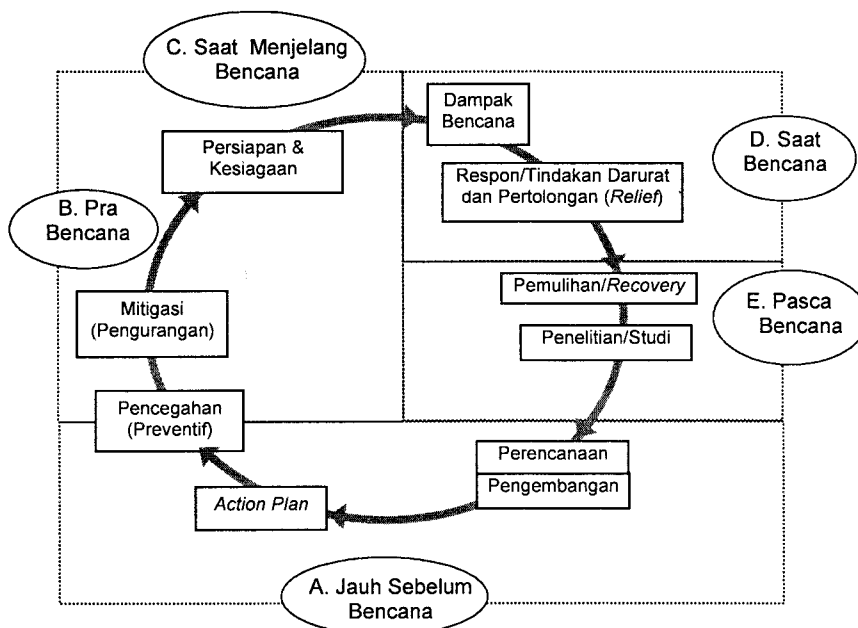
Pengelolaan bencana terpadu dapat dikelompokkan dalam 3 elemen penting, yaitu: *the enabling environment*, peran-peran institusi (*institutional roles*), dan alat-alat manajemen (*management instruments*).

Detail dari 3 elemen penting untuk pengelolaan bencana ditunjukkan dalam Gambar 3-15 sebagai berikut (GWP, 2001; Kodoatie dan Sjarief, 2005 yang dielaborasi).

Gambar 3-15. Elemen-elemen penting Pengelolaan Bencana Terpadu yang terkait dengan daya rusak air (Kodoatie & Sjarief, 2006)

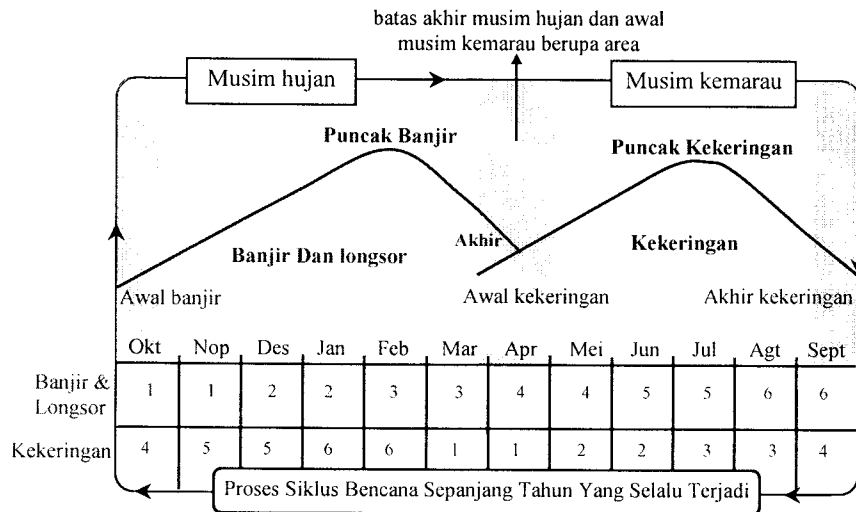
3.6.1 Siklus Pengelolaan Bencana

Walaupun setiap bencana mempunyai karakteristik yang berbeda-beda namun pada hakekatnya pola pengelolaannya secara substansi hampir sama. Oleh karena itu, dari filosofi dan konsep manajemen bencana maka dapat dibuat suatu siklus pengelolaan bencana yang terpadu. Siklus ini secara umum menggambarkan proses-proses pengelolaan bencana yang pada intinya merupakan tindakan-tindakan nyata dari jauh sebelum bencana bakal terjadi, pra-bencana, saat menjelang bencana, saat bencana dan pasca bencana. Siklus ini dapat dipakai sebagai acuan untuk mengelola hampir semua bencana. Siklus bencana ditunjukkan dalam Gambar 3-16.

Menurut UU No 24 Tahun 2007, penyelenggaraan penanggulangan bencana terdiri atas 3 (tiga) tahap meliputi:

a. prabencana
b. saat tanggap darurat
c. pascabencana.

Gambar 3-16. Diagram siklus pengelolaan bencana (Carter, 1991; Unesco, 1995)

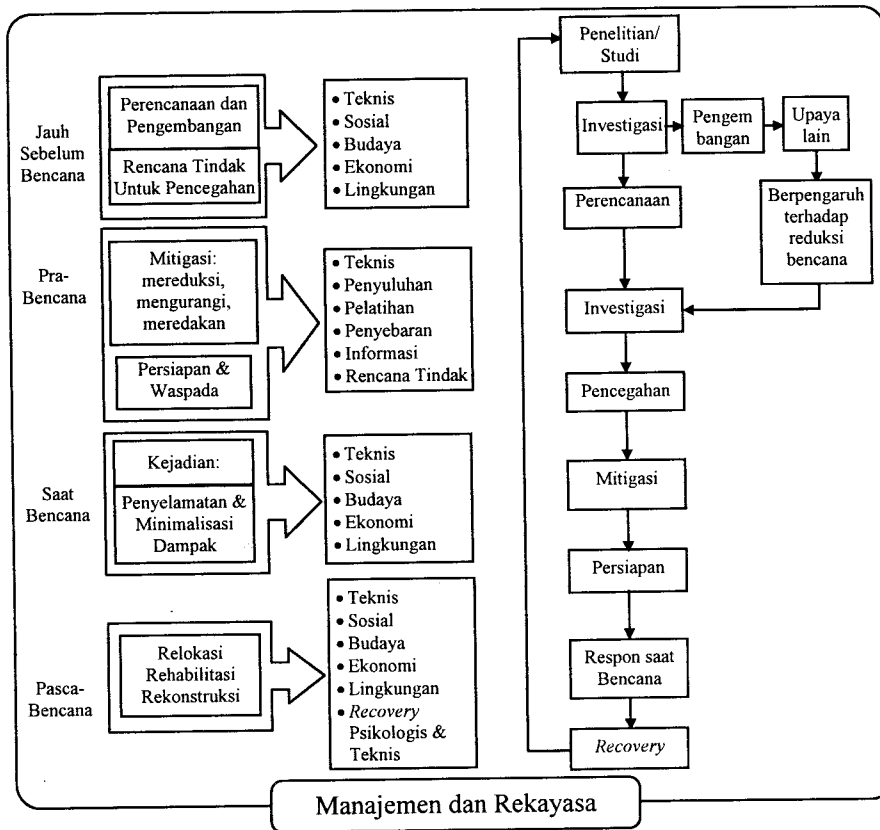
Kejadian bencana-bencana banjir, longsor dan kekeringan dipengaruhi oleh kondisi dua musim sepanjang tahun; musim hujan dan musim kemarau. Pengertian pra, saat dan pasca bencana dapat didasarkan atas perubahan musim ini. Namun untuk bencana lainnya seperti Tsunami saat menjelang atau kejadian bencana sulit untuk diketahui. Sehingga jenis-jenis bencana yang tidak mengikuti suatu periode waktu lebih tepat dipakai pengertian kegiatan yaitu mulai dari perencanaan dan pengembangan, *action plan* atau implementasi dari perencanaan yang matang, pencegahan, mitigasi dan kesiagaan.

Sebagai contoh dalam Gambar 3-17 diberikan siklus bencana banjir, longsor dan kekeringan sepanjang tahun pada umumnya dan tahap-tahap kegiatan pengelolaannya.

Angka 1 s/d 6 menunjukkan tindakan-tindakan dalam Pengelolaan Bencana:

1. Persiapan/Kesiagaan
2. Respon dan *Relief* Saat Bencana
3. Pemulihan (*recovery*)
4. Studi/ Penelitian, & Perencanaan
5. *Action Plan*
6. Preventif dan Mitigasi

Gambar 7-17. Diagram siklus bencana banjir, longsor dan kekeringan pada umumnya sepanjang tahun (Kodoatie & Sjarief, 2006)

3.6.2 Konsep Manajemen Bencana

Secara umum konsep manajemen bencana diawali dari pengelolaan jauh sebelum bencana, pra bencana, saat bencana dan pasca bencana. Detail aspek manajemen bencana ditunjukkan dalam Gambar 3-18.

Gambar 3-18. Diagram konsep manajemen bencana

BAB 4 RUANG UDARA

4.1 Ruang Siklus Hidrologi di Udara

Ruang udara merupakan bagian yang penting dalam tata ruang air. Seperti ditunjukkan dalam Gambar-Gambar 1-13, 1-14 dan 1-15, ruang udara memberikan distribusi penting dalam tata ruang air. Besaran kuantitas dan kualitas hujan dan persoalan-persoalan di ruang udara yang lain memberi pengaruh dan dampak kepada keberadaan air di ruang darat dan di ruang laut (terutama di pantai yaitu tempat pertemuan ruang darat dan ruang laut). Di samping itu aktifitas di ruang darat juga memberikan pengaruh yang besar terhadap isi dari ruang udara.

Persoalan-persoalan seperti: pencemaran udara, efek rumah kaca, pemanasan global (*global warming*), iklim ekstrim (misalnya adanya El-Nino dan La-Nina) merupakan interaksi imbal balik antara isi dalam ruang udara, dalam ruang laut dan dalam ruang darat (Lihat Gambar 1-15a).

Dalam uraian berikut dijelaskan secara ringkas beberapa hal penting dalam ruang udara yang memberi ataupun menerima dampak terhadap air dari berbagai hal akibat interaksi antar ruang tersebut.

4.2 Atmosfer

Bumi terbungkus oleh selimut udara biasa dikenal sebagai atmosfer. Atmosfer merupakan lapisan pembatas antara bumi dengan ruang angkasa, tebalnya ± 700 km dari permukaan bumi. Atmosfer tersusun atas 20% oksigen, 78% nitrogen, dan gas-gas lain sebesar 2%. Sebagian besar oksigen yang terkandung dalam atmosfer berasal dari pelepasan oksigen dari tumbuhan. Oksigen inilah yang menyokong kehidupan makhluk hidup. Atmosfer berfungsi menjaga panas, terutama pada malam hari ketika sebagian bumi membelakangi matahari. Akan tetapi, selama siang hari selimut ini menjadi pelindung dari sinar matahari (Riley, 2005; Oliver, 2002; Matthews, 2005).

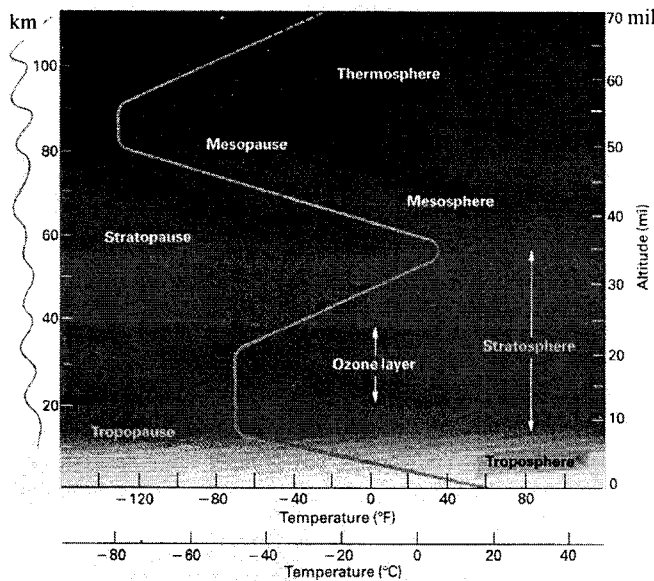
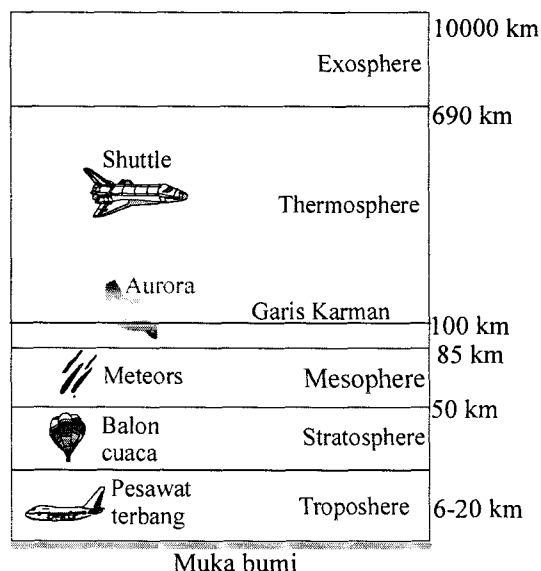
Atmosfer tetap melekat pada bumi, tidak mengambang atau lepas ke luar angkasa, hal ini disebabkan karena kekuatan gravitasi yang menarik gas-gas atmosfer ke arah bumi dan mencegah agar gas-gas tersebut tidak lepas ke luar angkasa (Matthews, 2005). Atmosfer bumi dibagi ke dalam lapisan-lapisan menurut suhunya, meskipun tidak ada batas-batas zat yang memisahkan masing-masing lapisan. Bumi adalah satu-satunya planet dalam Sistem Tata Surya yang mempunyai air dalam jumlah besar, baik di dalam atmosfer maupun di atas atau di bawah permukaannya.

Lapisan-lapisan penyusun atmosfer bumi antara lain (Watt dan Wilson, 2004; http://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_atmosphere, 2009, Riley, 2005; Oliver, 2005; Malam, 2005; Nicholson, 2005;):

1. Troposfer
   Troposfer adalah lapisan atmosfer yang terbentang mulai dari permukaan tanah sampai sekitar 10 kilometer ke atas. Sebagian besar cuaca terjadi di troposfer. Troposfer mempunyai ketinggian yang berbeda-beda antara 10 km (6 mil) dan 20 km (12 mil). Semakin naik ketinggian troposfer, suhu udaranya akan semakin dingin kira-kira -50°C (-58°F), tetapi semakin mendekati permukaan udara, suhunya semakin memanas. Karena hal inilah, sebagian besar awan terbentuk di lapisan ini yang

disebut awan cumulus. Awan-awan dengan bagian atas yang datar menunjukkan tempat troposfer bertemu dengan lapisan udara berikutnya, yaitu stratosfer dan disebut awan stratocumulus.

2. Stratosfer
   Puncak stratosfer kira-kira 50 km (31 mil) dari permukaan tanah. Gas ozon di dalam stratosfer membentuk lapisan yang terpisah. Lapisan ini menyerap beberapa sinar matahari yang berbahaya, sehingga memanaskan lapisan tersebut. Suhu yang paling tinggi terdapat di puncak lapisan ini, kira-kira O°C (32°F), semakin ke bawah, yaitu semakin menuju lapisan troposfer di bawahnya, suhu semakin dingin. Pesawat jet terbang di lapisan ini, karena udaranya tenang.
3. Mesosfer
   Mesosfer mencapai ketinggian kira-kira 80 km (50 mil). Puncak pada lapisan ini paling dingin, yaitu kira-kira -100°C (-148°F), tetapi semakin ke bawah suhunya semakin panas karena lapisan stratosfer di bawahnya lebih panas.
4. Termosfer
   Termosfer mengandung gas-gas yang menyerap beberapa radiasi matahari yang berbahaya, sehingga memanaskan lapisan ini. Suhu di puncak pada ketinggian kira-kira 450 km (280 mil) dari permukaan tanah, mungkin setinggi 2000°C (3632°F). Semakin ke bawah suhunya semakin berkurang.
5. Eksosfer
   Udara di dalam eksosfer sangat tipis karena udara itu mengandung sangat sedikit gas. Puncak dari lapisan ini kira-kira 900 km (560 mil) dari permukaan tanah. Beberapa satelit cuaca yang mengorbit kutub didapati pada lapisan ini.

Ilustrasi lapisan-lapisan atmosfer ditunjukkan dalam Gambar 4-1.

a. Lapisan atmosfer

b. Lapisan atmosfir dan keadaan di dalamnya

Gambar 4-1. Susunan lapisan atmosfer (Thomspson & Turk, 1993; http://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_atmosphere, 2009)

Semakin tinggi atmosfer belum tentu menyebabkan semakin dingin suhunya, hanya pada lapisan troposfer sajalah yang jika semakin tinggi semakin dingin suhunya. Sedangkan pada lapisan lain seiring bertambahnya ketinggian memiliki perilaku yang berbeda yaitu pada lapisan stratosfer suhu menghangat, kemudian mendingin lagi pada lapisan mesosfer, dan kemudian menghangat lagi pada lapisan termosfer dan eksosfer (lihat Gambar 4-1a).

Gas-gas dalam atmosfer semakin tinggi tempatnya maka gas yang terkandung di dalamnya akan semakin sedikit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa gas-gas dalam troposfer memiliki jumlah yang paling besar, sedang pada lapisan terluar yaitu pada eksosfer gas yang terdapat di dalamnya sangat sedikit bahkan nyaris tidak ada (Matthews, 2005).

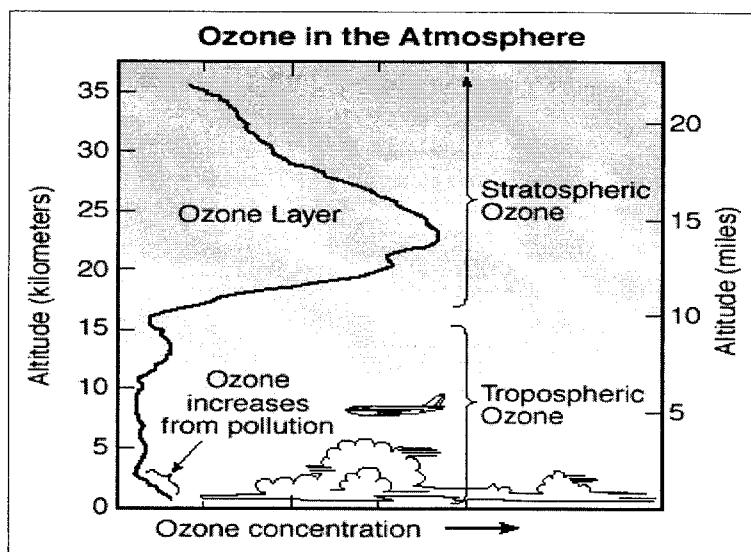
Atmosfer dari setiap planet pada Sistem Tata Surya ditarik ke planet-planet itu oleh gravitasi dan menekan permukaannya. Ini disebut tekanan atmosfer (dikenal sebagai tekanan udara pada Bumi). Setiap planet mempunyai gas dan tekanan atmosfer yang berbeda-beda, yang sangat mempengaruhi cuaca di setiap planet (Watt dan Wilson, 2004).

Tekanan atmosfer terjadi karena udara memiliki berat dan udara tersebut menekan bumi beserta isinya. Sehingga semakin banyak udara di atas maka semakin kuat pula tekanan atmosfernya demikian pula sebaliknya. Contoh jika seseorang berada di tempat yang semakin tinggi maka semakin sedikit udara yang ada di atasnya maka semakin rendah pula tekanannya.

Dalam atmosfer terdapat lapisan yang melindungi bumi yang disebut lapisan ozon. Yang dimaksud dengan lapisan ozon adalah lapisan penghalang yang melindungi bumi dari benda-benda asing di luar

angkasa, dan juga sebagai pelindung bumi dari panas matahari, serta melindungi bumi dari sinar ultraviolet yang berbahaya bagi makhluk hidup. Tanpa lapisan ozon ini semua makhluk hidup akan terbunuh karena sinar ultraviolet. Ozon terletak pada lapisan stratosfer yaitu sekitar 15-30 km dari permukaan bumi. Lapisan ozon ini tersusun dari selapis tipis gas ozon (O_3) yang merupakan salah satu tipe oksigen (Matthews, 2005)

Lapisan ozon rusak akibat zat-zat kimiawi yang disebut CFC (*chloro fluoro carbon*) yang biasanya digunakan dalam aerosol (kaleng semprot), lemari es, dan sejumlah bahan pembungkus. Sejauh ini tidak ada lubang sungguhan di lapisan ozon, akan tetapi lapisan ozon sebagian telah menipis hingga kini telah banyak negara yang menghentikan penggunaan CFC, hal ini bertujuan untuk melindungi ozon agar tidak berlubang (Matthews, 2005).

Konsentrasi ozon di atmosfer ditunjukkan dalam Gambar 4-2.

Gambar 4-2. Konsentrasi Ozon di Atmosfer

Matahari memancarkan energi dalam bentuk sinar panas dan cahaya yang disebut radiasi. Banyaknya energi panas dan cahaya yang mencapai planet-planet dalam Tata Surya tergantung pada jarak planet-planet tersebut dari matahari (Watt dan Wilson, 2004).

Udara tidak bisa berhenti bergerak. Partikel-partikel yang sangat kecil di udara yang disebut molekul selalu bertabrakan satu sama lain! Semakin sering molekul tersebut bertabrakan, tekanan udara semakin besar. Biasanya, tabrakan tersebut lebih sering terjadi di lapisan troposfer yang lebih rendah karena tarikan gravitasi membuat molekul tersebut jatuh ke permukaan Bumi. Semakin tinggi kamu berada di suatu tempat, maka tekanan udaranya semakin rendah, dan oksigen di udara semakin sedikit (Oliver, 2004).

Panas menyebabkan udara bergerak. Ketika panas dari matahari memanasi molekul-molekul di udara, molekul tersebut bergerak lebih cepat dan lebih banyak menyebar. Ini mengakibatkan udara lebih ringan sehingga udara naik ke atas, dan menciptakan tekanan rendah. Sewaktu udara naik lebih tinggi, udara mendingin. Molekul-molekul tersebut bergerak lambat dan menjadi lebih berat lagi sehingga turun kembali ke Bumi (Oliver, 2004).

4.3 Cuaca dan Iklim

Cuaca adalah seluruh kejadian di atmosfir bumi. Cuaca merupakan bagian kehidupan sehari-hari manusia di dunia. Cuaca dan iklim adalah suatu keadaan yang terjadi di permukaan bumi yang dipengaruhi oleh kondisi udara, yaitu tekanan dan temperatur. Cuaca di setiap planet berbeda-beda tergantung pada jarak planet itu dari matahari dan pergerakan gas di setiap atmosfir planet – planet itu (wikipedia, 2009; Watt dan Wilson, 2004).

Jenis-jenis cuaca menurut Oliver (2004) meliputi hujan, panas, salju, angin dan badai merupakan jenis-jenis cuaca. Jenis-jenis cuaca tersebut tergantung pada temperatur, pergerakan udara dan tekanan udara di daerah tersebut. Cuaca juga mempengaruhi pola kehidupan di suatu daerah, seperti jenis tumbuhan yang dapat tumbuh, jenis makanan yang di makan oleh masyarakat, pakaian yang biasa dipakai, sampai dengan jenis bangunan tempat tinggal.

Iklim merupakan kondisi cuaca dalam suat periode yang panjang. Iklim adalah nama yang kita berikan untuk menyebut pola-pola cuaca selama satu periode waktu. Iklim menurut Oliver (2004) meliputi tropis, sedang, dan kutub adalah jenis-jenis iklim. Iklim tropis pada umumnya terjadi di dekat Ekuator. Di dekat Kutub Utara dan Selatan, es terbentang di permukaan sepanjang tahun dengan badai-badai salju yang sangat dingin. Ini adalah iklim kutub. Sebagian besar wilayah dunia beriklim sedang dengan campuran musim dingin dan musim panas.

4.3.1 Cuaca

Panas matahari membuat air dan udara bergerak di sekitar bumi, hal itu menyebabkan terjadinya cuaca. Daerah pantai dan pegunungan sering mengalami variasi lokal dalam hal angin, suhu, dan curah hujan, yang nampaknya tidak mempunyai hubungan dengan pola cuaca keseluruhan dari daerah yang lebih luas di sekitarnya. Daerah perkotaan juga seringkali mempunyai jenis cuaca yang berbeda dari daerah sekelilingnya (Watt dan Wilson, 2004).

Semua cuaca di bumi ini terjadi pada lapisan atmosfer yang paling dekat dengan permukaan bumi yaitu troposfer (lihat Gambar 4-1). Pergerakan udara terjadi akibat panas matahari yang menyebabkan udara naik ke atas, kemudian ketika udara berada di atas suhunya mendingin dan akhirnya kembali lagi turun ke bawah. Pergerakan udara semacam ini menciptakan daerah bertekanan tinggi dan daerah rendah sehingga menyebabkan timbulnya angin (Matthews, 2003).

Kondisi cuaca yang ekstrem, seperti banjir atau kekeringan, kadang-kadang mengganggu pola cuaca umum di beberapa daerah (Watt dan Wilson, 2004). Kekeringan terjadi ketika hujan atau bentuk presipitasi lain kurang dari 0,2 mm (1/100 inci) selama periode waktu paling sedikit lima belas hari. Kekeringan dapat terjadi karena terhalangnya jalur udara bertekanan rendah yang membawa hujan melintasi suatu daerah. Kekeringan juga terjadi ketika daratan bersih dari tumbuh-tumbuhan sehingga membuat daerah itu sangat kering

Selain kekeringan, akibat cuaca yang ekstrim adalah banjir. Banjir dapat terjadi karena beberapa alasan, misalnya, jika hujan turun dalam jumlah yang sangat besar dan terlalu banyak air dialirkan. Banjir juga terjadi jika permukaan air laut naik, jika daratan dibanjiri oleh gelombang air laut yang disebabkan oleh badai, atau jika salju di daratan mencair saat suhu naik dengan cepat, sehingga menyebabkan sungai meluap (Watt dan Wilson, 2004)

Keadaan cuaca yang ekstrim seperti angin topan dan badai hanyalah sebagian dari seluruh iklim di bumi. Ketika sinar matahari sampai di bumi, sinarnya menghangatkan udara. Udara yang hangat dan ringan naik ke atas, sedangkan udara yang dingin dan lebih berat turun ke bawah. Pertemuan udara hangat dan dingin ini membentuk angin yang bisa menyebabkan badai (Morris, 2004).

Badai merupakan suatu kombinasi dari angin yang kuat dan hujan lebat, hujan salju atau hujan es yang lebat, dan terbentuk di daerah bertekanan rendah (Gemmel, 2004). Dalam kondisi tertentu, badai yang kecil dapat berkembang menjadi badai petir atau angin topan yang dapat menyebabkan banyak sekali kerusakan di tempat badai itu terjadi. Badai petir terbentuk ketika udara panas dan lembab naik ke arah udara dingin di atas daratan atau laut. Pada saat udara lembap naik hingga mencapai ketinggian puncak, uap air berkondensasi, membentuk awan Cumulonimbus yang sangat besar.

Menentukan seperti apakah cuaca yang akan terjadi disebut peramalan cuaca. Dengan memperhatikan perubahan-perubahan yang terjadi di udara, kemudian membandingkannya dengan pola-pola cuaca yang pernah terjadi sebelumnya, para peramal cuaca dapat membuat perkiraan yang akurat mengenai cuaca yang akan terjadi besok, lusa, atau bahkan beberapa hari ke depan. Namun demikian, kadang-kadang mereka bisa juga salah dalam memperkirakannya.

Waktu air untuk tinggal (melewati) atmosfir hanya 8,16 hari. Hal ini adalah salah satu dari banyak alasan mengapa cuaca hanya bisa diperkirakan untuk beberapa hari dan hasilnya tidak bisa akurat tetapi ada kesalahan. Dengan kata lain semakin lama waktu ramalan (misal cuaca untuk bulanan) semakin besar jangkauan kesalahannya (Maidment, 1993).

Kantor cuaca nasional pertama didirikan pada tahun 1800-an. Kantor cuaca ini dibangun ketika orang sadar bahwa ilmu pengetahuan mampu menjelaskan bagaimana cuaca bekerja, dan menyelamatkan manusia dari bencana. Jaringan stasiun cuaca pertama didirikan di Prancis pada Tahun 1855, yaitu setelah ilmuwan Le Verrier menunjukkan bagaimana kapal perang Prancis yang tenggelam akibat badai semestinya dapat diselamatkan. Le Verrier menjelaskan bagaimana jalur badai dapat dilacak dan kapal dapat berlayar dengan selamat (Oliver, 2004).

Untuk meramalkan cuaca, para ahli meteorologi menggunakan informasi yang dikumpulkan dari seluruh dunia. Informasi ini berdasarkan pada pengamatan yang dilakukan pada waktu yang sama setiap hari, di stasiun-stasiun cuaca dan tempat lainnya dengan menggunakan berbagai macam cara (Watt dan Wilson, 2004).

Di stasiun cuaca, para pengamat menggunakan berbagai macam alat untuk memonitor unsur-unsur cuaca dan iklim seperti kecepatan angin, awan, suhu, dan tekanan udara. Mereka juga mencatat cuaca umum, seperti apakah hari ini sedang hujan atau berkabut.

Selain dari stasiun cuaca, informasi mengenai cuaca dapat diperoleh dari Pesawat terbang dan kapal. Banyak pesawat terbang dan kapal memberikan informasi cuaca tentang daerah yang tidak mempunyai stasiun cuaca. Seperti stasiun cuaca otomatis di daratan pesawat terbang dan kapal itu mempunyai per-

engkapan yang mencatat kondisi cuaca yang berbeda-beda di sepanjang rute yang mereka lewati. Pesawat biasanya terbang pada ketinggian 10-13 km (30.000 – 40.000 kaki), dan memberikan informasi yang berguna tentang tingkat ketinggian angin. Sedangkan kapal memberikan informasi tentang kondisi cuaca di laut dan mengirimkan informasi melalui satelit ke stasiun pengolah di pantai. Sedangkan stasiun cuaca otomatis ditempatkan di daerah seperti pegunungan atau wilayah kutub, tempat yang sulit bagi seorang pengamat untuk memonitor cuaca secara terus-menerus. Komputer diprogram untuk mengambil hasil pencatatan dari peralatan cuaca setiap jam (Watt dan Wilson, 2004).

Satelit cuaca memberikan informasi yang penting tentang lokasi dan pergerakan sistem cuaca, dan pola awan di sekeliling Bumi. Mata burungnya yang melihat Bumi mempermudah satelit mengambil gambar-gambar yang mengagumkan dari sistem cuaca kita. Satelit dapat melacak angin topan saat terbentuk di atas lautan. Gambar satelit juga telah membantu banyak orang untuk segera meninggalkan rumah dan keluar dari jalur angin topan. Satelit cuaca membawa alat yang disebut radiometer, yang merasakan intensitas dari cahaya atau panas yang dipantulkan. Informasi ini diubah ke dalam bentuk citra di stasiun pengolah data. Satelit ini digunakan untuk menempatkan dan mencari jejak sistem cuaca, khususnya di atas samudera yang luas (Watt dan Wilson, 2004).

Satelit Geostasioner merupakan satelit cuaca bumi yang mengorbit pada ketinggian 36.000 km (22.400 mil) di atas ekuator. Waktu yang dibutuhkan untuk satu putaran orbitnya sama dengan waktu yang diperlukan oleh bumi untuk berputar pada porosnya, yaitu 24 jam. Jadi satelit geostasioner selalu memonitor cuaca di atas tempat yang sama (Watt dan Wilson, 2004).

Radar cuaca digunakan untuk menunjukkan tempat terjadinya hujan, hujan es atau hujan salju dan derasnya hujan itu. Sistem radar bekerja dengan memancarkan gelombang radiasi yang menghantam tetes-tetes hujan dan dipantulkan kembali seperti gema, ke piring penerima. Informasi ini kemudian dikirimkan, biasanya melalui satelit, ke stasiun pengolah data tempat informasi itu diubah menjadi sebuah citra (Watt dan Wilson, 2004).

4.3.2 Iklim

Iklim suatu daerah adalah pola cuaca rata-rata yang dialami, yang diukur selama periode waktu yang lama. Ada banyak jenis iklim di dunia, dan iklim ini mempunyai pengaruh yang besar pada tumbuh-tumbuhan dan hewan di sekitarnya (Watt dan Wilson, 2004). Sehingga dapat dikatakan iklim adalah cuaca pada suatu daerah yang terjadi dalam jangka waktu yang lama.
Iklim dunia digolongkan ke dalam beberapa jenis, terutama digolongkan menurut garis lintang dan suhu. Macam iklim di dunia ini ada 4 tipe (Matthews, 2005), yaitu:

- iklim kutub
- iklim sedang
- iklim subtropis
- iklim tropis

Karena bumi bentuknya bulat, maka daerah ekuator menerima sinar matahari lebih banyak daripada daerah kutub. Sinar matahari menyinari daerah ekuator secara penuh dan menjadikan daerah tersebut panas. Di dekat daerah kutub, sinar matahari jatuh pada sudut yang sempit dan menyebar sehingga menjadikan daerah tersebut dingin. Di dekat Kutub Utara dan Selatan, es terbentang di permukaan sepanjang tahun dengan badai-badai salju yang sangat dingin (Malam, 2005).

Sebagian besar wilayah dunia beriklim sedang dengan campuran musim dingin dan musim panas. Di antara masing-masing jenis iklim, dapat terjadi keragaman. Misalnya, daerah pantai mempunyai iklim maritim dan mediterania, sedangkan tempat-tempat di tengah benua yang luas mempunyai iklim benua. Ketika menamai sebuah iklim, keragaman ini dikombinasikan dengan jenis-jenis iklim utama. Misalnya, daerah pantai di daerah tropis mempunyai iklim maritim tropis (Oliver, 2004).

Akan tetapi ada beberapa tempat yang memiliki jenis iklim sendiri yaitu daerah gurun dan pegunungan. Iklim yang terjadi pada satu daerah dengan daerah lain tidak semuanya sama, tergantung dari letak daerah tersebut di permukaan bumi. Jika suatu daerah letaknya semakin dekat dengan khatulistiwa, maka daerah tersebut akan memiliki iklim yang semakin panas. Hal ini disebabkan karena sinar matahari lebih memancarkan banyak sinar mataharinya ke daerah khatulistiwa dibandingkan pada daerah daerah menuju arah kutub Utara dan Selatan (Matthews, 2005).

Iklim yang terjadi juga dipengaruhi oleh arus samudra, arus samudra ini dapat menyebabkan iklim menjadi lebih hangat ataupun menjadi lebih dingin. Contohnya di daerah yang letaknya dekat dengan laut memiliki iklim yang lebih sejuk dibanding pada daerah pedalaman. Pada daerah pedalaman ini musim panasnya dapat menjadi amat panas dan musim dinginnya bisa menjadi sangat dingin. Sedangkan pada daerah pegunungan memiliki iklim yang lebih dingin dibanding daerah dataran rendah disekitarnya (Matthews, 2005).

Iklim mempengaruhi jenis tumbuhan dan hewan pada suatu daerah. Tumbuh-tumbuhan dan hewan itu beradaptasi dengan iklim di daerahnya, contohnya pada daerah yang kering dan gersang, maka tumbuhan tersebut akan menyesuaikan diri dengan tidak membutuhkan banyak air, atau mampu menyimpan air pada bagian tubuhnya. Di tempat yang kondisinya sangat keras, misalnya di kutub, spesiesnya sangat sedikit. Di daerah yang iklimnya jauh lebih bersahabat, jumlah spesiesnya paling banyak. Di daerah tropis yang basah dan hangat spesiesnya paling beragam (Watt dan Wilson, 2004).

Iklim di suatu daerah juga mempengaruhi bentuk rumah yang ada di daerah tersebut. Kebanyakan rumah dirancang untuk membuat kehidupan senyaman mungkin pada iklim tertentu. Di daerah yang beriklim sedang dengan suhu yang berbeda-beda tergantung musim, banyak rumah mempunyai dinding tebal yang dapat memerangkap panas. Banyak dari rumah tersebut yang dipanaskan secara buatan di musim dingin dengan api dan pemanas ruangan. Jendela dirancang untuk memasukkan sinar matahari dalam jumlah yang banyak pada saat musim dingin dan mengeluarkan panas pada saat musim panas (Watt dan Wilson, 2004).

Di iklim panas, rumah dirancang agar dapat memberi kesejukan. Kebanyakan rumah tidak mempunyai banyak dinding untuk membiarkan udara bersirkulasi secara maksimal. Beberapa rumah mempunyai daun jendela, yang ditutup sepanjang hari yang terpanas, untuk mencegah udara panas masuk, dan dibuka di pagi hari dan sore untuk membiarkan udara yang sejuk bersirkulasi di sekitar rumah (Watt dan Wilson, 2004).

Kota cenderung mempunyai iklim yang berbeda dengan daerah di sekitarnya karena padatnya bangunan. Kota cenderung lebih hangat di malam hari, dan juga sering mendapat lebih banyak hujan di musim panas. Kota juga mempunyai polusi udara yang cenderung lebih tinggi. Iklim pada suatu kota yang memiliki banyak bangunan yang berasal dari konstruksi beton memiliki suhu yang lebih hangat karena pada siang hari panas matahari diserap oleh dinding-dinding beton yang menyebabkan udara menjadi tidak terlalu panas. Pada malam hari panas matahari yang diserap tersebut dipancarkan sehingga

udara menjadi lebih hangat. Gedung yang tinggi menyebabkan angin terhalang. Ini memaksa angin bertiup ke atas atau bertiup di sepanjang jalan di antara gedung-gedung. Jika udara yang naik di atas kota sangat hangat dan lembab, udara dapat menjadi dingin untuk membentuk awan yang mungkin akan menurunkan hujan yang singkat (Watt dan Wilson, 2004).

Iklim di setiap benua dapat juga berubah karena letaknya yang secara berlahan-lahan berubah. Ini karena kerak bumi tersusun dari beberapa potongan, yang disebut lempengan yang bergerak dengan sangat lambat dan membawa benua. Berjuta-juta tahun yang lalu, banyak negara mempunyai iklim yang berbeda karena negara-negara itu tidak berada pada garis lintang yang sama seperti saat ini (Oliver, 2004).

4.3.3 Iklim ekstrim

Saat ini, banyak ilmuwan yang percaya bahwa iklim dunia sedang berubah. Menurut mereka ini dikarenakan cuaca yang sedang dipengaruhi oleh kenaikan suhu yang di sebabkan oleh meningkatnya gas-gas tertentu di atmosfer. Suhu dunia rata-rata bisa naik sekitar 1,5° C abad ini. Efek rumah kaca adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan cara Bumi yang tetap hangat oleh panas yang terperangkap oleh gas-gas di atmosfer bagian bawah. Ini telah terjadi selama berjuta-juta tahun. Tanpa pengaruh rumah kaca, diperkirakan suhu rata-rata pada permukaan Bumi akan mencapai -15°C (5°F) (Watt dan Wilson, 2004).

Perubahan iklim akan sangat bervariasi. Hampir semua tempat akan menjadi lebih panas, namun beberapa tempat akan menjadi lebih dingin. Tempat yang akan mengalami pemanasan tercepat adalah Kanada, Rusia, dan Skandinavia, karena umpan balik positif yang disebabkan pencairan es terjadi paling intensif di sana. Sepertinya ini berita bagus: tanaman pertanian serta pohon akan tumbuh baik dan tagihan listrik untuk pemanas akan menurun. Tetapi kabar buruknya adalah hampir semua wilayah daratan, dari daerah terpanas sampai daerah terdingin, diperkirakan akan mengalami pemanasan melebihi dari rata-rata pemanasan bumi. Pemanasan akan terjadi paling kuat pada daerah bagian dalam benua karena sirkulasi lautan akan mengurangi pengaruh pemanasan di daerah pantai (Pearce, 2003).

Beberapa daerah yang paling panas saat ini mengalami kenaikan suhu yang paling besar. Suatu daerah luas di Asia, yaitu dari bagian Barat Cina sampai Saudi Arabia, yang biasanya bersuhu di atas 40°C, akan menjadi 7°C lebih panas pada Tahun 2100. Afrika Utara dan Eropa bagian Selatan juga mengalami pemanasan hebat. Negara yang mempunyai pengaruh laut yang kuat dan iklim yang stabil saat ini, seperti Irlandia, Selandia Baru, dan Cile, hanya akan mengalami sedikit perubahan. Perubahan global yang lain, seperti yang telah nyata saat ini, adalah panasnya suhu pada malam hari dan selama musim dingin. Hal ini berdampak pada lebih sedikitnya salju musim dingin dan lebih banyaknya hujan, ditambah dengan lebih lamanya musim tumbuh bebas es pada daerah lintang sedang (Pearce, 2003).

Akibat lain dari perubahan iklim adalah hilangnya arus teluk. Arus Teluk merupakan bagian dari sistem sirkulasi laut di Atlantik Utara yang disebabkan oleh pembentukan es di daerah Arktik. Arus Teluk menyapu Eropa Barat dengan air yang hangat, terutama pada musim dingin dan mempertahankan suhu lebih tinggi daripada tempat lain dengan lintang yang sama. Para ahli di Postdam Insititute for Climate Impact Research di Jerman memprediksi kemungkinan hilangnya Arus Teluk, disebabkan oleh pemanasan global. Akibatnya sebagian besar Eropa akan menjadi sangat dingin (Pearce, 2003).

Para ilmuwan menduga bahwa pemanasan bumi akan mengakibatkan sedikit es yang terbentuk. Sedikitnya es yang terbentuk ditambah dengan lebih banyaknya air tawar yang mengalir ke daerah Arktik dari daratan sekitarnya, akan menghentikan mekanisme "pembentukan air dalam" yang menciptakan arus teluk. Pada awal Tahun 2001, para ilmuwan Norwegia membuktikan bahwa arus yang menuju Utara telah hilang sebanyak 20 persen di daerah itu sejak Tahun 1950 (Pearce, 2003).

Tidak hanya suhu yang akan mengalami perubahan pada abad mendatang. Di beberapa tempat, akan terjadi perubahan siklus hidrologi - misalnya sirkulasi antara air di laut, atmosfer, dan permukaan bumi - sehingga berdampak pada pola hujan, banjir dan kekeringan, hingga aliran sungai dan vegetasi. Air akan hilang dari daerah di mana air diharapkan serta diperlukan, dan akan muncul di daerah yang tidak diduga serta menyebabkan kerusakan. Pada saat pemanasan, atmosfer menjadi lebih berenergi, evaporasi dan pembentukan awan dan badai akan meningkat, walaupun pengaruh perubahan ini sangat tergantung pada lokasinya (Pearce, 2003).

Model iklim juga memperkirakan kemungkinan akan lebih banyaknya kekeringan di Eropa, Amerika Utara, serta Australia Barat dan Tengah. Beberapa sungai di Australia dapat kehilangan setengah aliran airnya dan menjadi gersang (Pearce, 2003).

Saat ini 1,7 miliar orang hidup di negara yang tata airnya mengalami *water stress* (atau defisit air) karena mereka menggunakan lebih dari seperlima air yang secara teoritis tersedia bagi mereka. Diperkirakan angka ini akan meningkat sampai 5 miliar pada Tahun 2025. Hal ini akan menimbulkan ketegangan ketika negara-negara berebut untuk mendapatkan sumber daya alam yang paling berharga ini (Pearce, 2003). Konflik untuk perebutan air akan meningkat tajam.

Pada masa lampau, Sahara merupakan suatu daerah yang memiliki dua macam kondisi yang berbeda dan berpotensi untuk stabil. Kesimpulan ini didapat dari bukti-bukti yang ada, yaitu (Pearce, 2003):

1. Berdasarkan lukisan-lukisan yang terdapat pada batu.
   Bukti ini dapat disimpulkan bahwa pada jaman dahulu daerah Sahara merupakan daerah penggembalaan.
2. Berdasarkan fosil serbuk sari
   Bukti ini menunjukkan bahwa daerah ini pada jaman dahulu mempunyai hutan, sungai, dan danau.

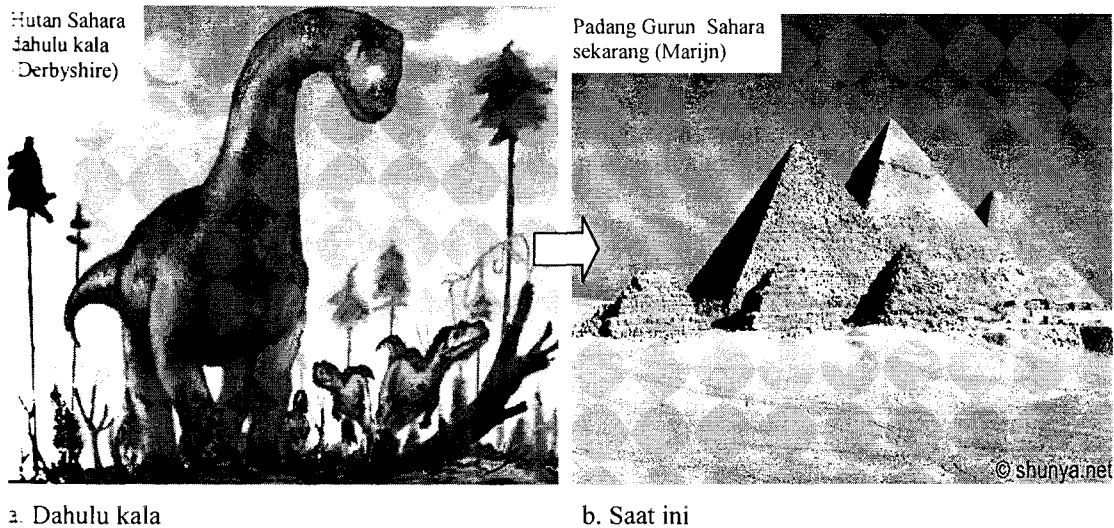
Dr. Dave Martill dari the University of Portsmouth dan Nizar Ibrahim dari University College Dublin, Tim pemburu fosil dari Inggris (*British fossil hunters*) dalam penemuannya tentang dinosaurus Tahun 2008 (dalam Derbyshire, 2008) menyatakan adalah sangat mengagumkan bahwa jutaan tahun yang lalu Sahara adalah surga tropis hijau yang lebat, tempat tinggal dinosaurus dan buaya yang sangat berbeda dengan kondisi Sahara saat ini (Gambar 4-3a).

Akan tetapi seiring berjalannya waktu, maka daerah Sahara ini menjadi suatu gurun. Namun berdasarkan penelitian, daerah Sahara ini dapat dikembalikan ke keadaan semula, yaitu menjadi suatu daerah yang subur. Cara yang digunakan untuk membuat Gurun Sahara ini menjadi hutan adalah dengan peningkatan curah hujan. Untuk itu dibutuhkan jumlah vegetasi yang besar, yang menyebabkan daerah tersebut menjadi lembab sehingga jika terjadi pemanasan global, maka daerah tersebut tetap stabil, tidak menjadi gersang. Jika jumlah air yang menguap semakin banyak, maka akan lebih banyak pula jumlah awan pembentuk hujan, sehingga curah hujan yang turun juga semakin besar (Pearce, 2003).

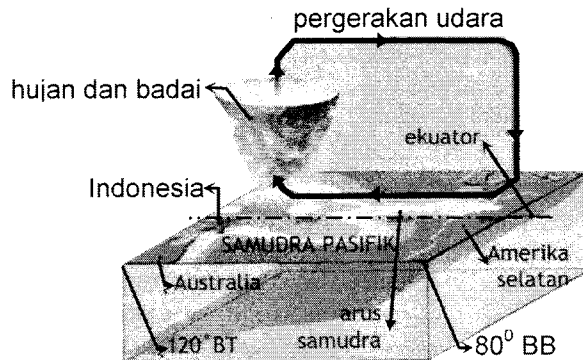
Akan tetapi jumlah vegetasi yang terdapat di Gurun Sahara ini tergantung pada umpan balik antara atmosfer dan vegetasi. Keadaan yang terjadi ini tidak seperti yang diharapkan, yaitu sedikitnya jumlah vegetasi, sehingga awan pembentuk hujan pun menjadi sedikit, dan menyebabkan jumlah curah hujan yang turun menjadi sedikit, sehingga daerah tersebut menjadi gersang (Pearce, 2003).

Berdasarkan keadaan yang ada maka dewasa ini disimpulkan bahwa Gurun Sahara ini sangat kering dan akan menjadi lebih kering. Hal ini dikarenakan daerah tersebut hanya mengandung sedikit kelembaban, sehingga penguapan yang terjadi sangat kecil, hal ini mengakibatkan jumlah curah hujan menjadi sangat sedikit, bahkan nyaris tidak ada. Keadaan Gurun Sahara yang semakin gersang ini berpotensi menyebabkan daerah di sekitar Gurun Sahara ini menjadi gurun seperti ditunjukkan dalam Gambar 4-3b.

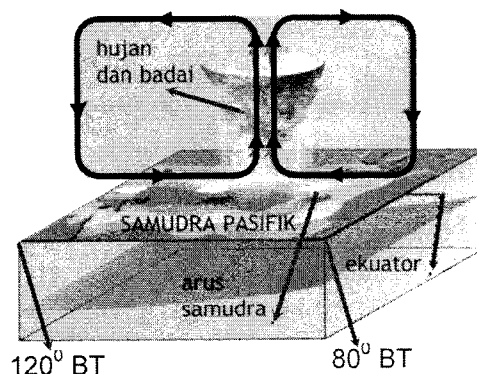
Keadaan gurun ini dimungkinkan untuk dihutankan kembali.

a. Dahulu kala b. Saat ini

Gambar 4-3. Keadaan Gurun Sahara (Derbyshire, 2008; http://www.shunya.net, 2009)

4.3.4 El Nino

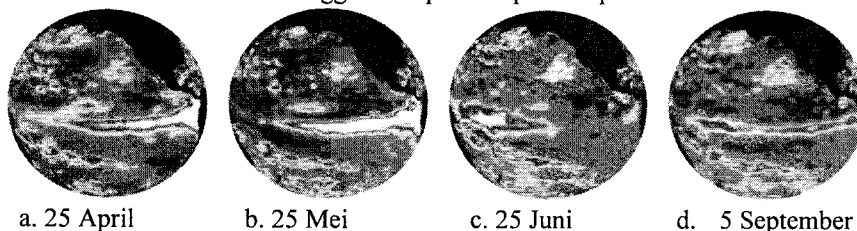
Pada kondisi normal, arus angin dan arus laut biasanya mengalir dari Timur ke Barat, yaitu dari Amerika menuju Asia (lihat Gambar 4-4). Hal ini menyebabkan terbentuknya kumpulan air hangat seperti ditunjukkan warna merah muda dalam Gambar 4-4 di sekitar kepulauan di Indonesia yang menyebabkan curah hujan tinggi.

Gambar 4-4. Pergerakan arus hangat dalam kondisi normal (Pearce, 2003)

EI Nino adalah fenomena alam yang sudah berlangsung sejak ribuan tahun lalu. Fenomena dari samudera dan atmosfer terjadi ketika air hangat samudera pasifik mengalir ke arah Barat menuju ke ujung Amerika Selatan sehingga meningkatkan temperatur lautan dan perubahan iklim yang besar. El Nino berhubungan dengan perubahan gerakan udara di atas Samudera Pasifik yang berbalik dari arah normal angin pasat. El Nino terjadi setiap tiga atau tujuh tahun sekali, dan setiap kejadian El Nino bisa mempengaruhi iklim dunia selama 1 tahun. El Nino menyebabkan meningkatnya curah hujan dan badai di Amerika Utara dan Selatan termasuk angin topan dan tornado, sekaligus kemarau panjang di Australia dan Indonesia (Morris, 2004).

Angin dan arus air laut secara periodik berbalik arah melewati Samudra Pasifik tropis selama 9 bulan sampai 1 tahun dan membawa hujan dari Asia. Hal ini mengakibatkan kekeringan pada daerah basah, seperti Indonesia dan sebagian dari Australia. Laut Selatan yang biasanya tenang akan mengalami badai dan pada pesisir Pasifik di Amerika yang biasanya sangat kering, akan mengalami badai dan banjir. El Nino merubah keadaan yang semula normal menjadi tidak stabil, yaitu sebagian arus laut berbalik arah seiring dengan air hangat (warna merah muda) yang mengalir ke Timur, membawa serta angin dan hujan (Pearce, 2003). Gambar 4-5 di bawah ini menunjukkan kejadian El Nino Tahun 1997.

Gambar 4-5. Pergerakan arus hangat dalam kondisi El Nino (Pearce, 2003)

Efek El Nino terhebat terjadi antara Tahun 1997 dan Tahun 1998. badai ini menyebabkan lebih banyak tornado, badai aneh, dan bencana alam lainnya seperti angin puyuh dasyat yang melanda California dan banjir besar melanda Peru.Sebelum 1997. El Nino juga pernah terjadi pada Tahun 1982 dan 1983 yang mengakibatkan terjadi sejumlah badai abnormal di California.

Arus El Nino dapat dilihat melalui satelit. Dari gambar satelit, arus El Nino yang hangat ditunjukkan dengan warna merah. Kejadian El Nino Tahun 1997 ditunjukkan dalam Gambar 4-6. Gambar ini menunjukkan bagaimana proses air hangat (warna merah muda) mengalir dan menyebar dari Barat ke Timur melewati Samudra Pasifik dari Tanggal 25 April sampai 5 September 1997.

a. 25 April b. 25 Mei c. 25 Juni d. 5 September

Gambar 4-6. Arus El Nino pada kejadian El Nino Tahun 1997 (Pearce, 2003)

El Nino juga berdampak pada industri perikanan. Di Pasifik, khususnya daerah lepas pantai Peru, menderita akibat El Nino yang berkepanjangan. Air hangat telah mengurangi jumlah nutrisi sehingga ikan-ikan kecil seperti *anchovies* serta ikan tuna mati atau berpindah ke tempat yang lebih dingin untuk mencari makan. Akibatnya nelayan Peru harus berlayar lebih jauh lagi untuk menangkap ikan. Keadaan ini berpengaruh besar pada negara ini, karena Peru terkenal sebagai negara penghasil ikan terbesar di dunia dengan hasil tangkapan lebih dari 11 juta ton ikan per tahun.

Semua di Indonesia sudah biasa mengalami musim kemarau, namun sejauh mana kemarau yang terkait dengan El Niño (dari Bahasa Spanyol artinya anak laki-laki) belum disadari secara umum. El Nino sebagai kondisi abnormal (penyimpangan) iklim yang mengakibatkan kemarau panjang, sedangkan penyimpangan iklim yang menyebabkan musim hujan panjang disebut La Nina (artinya gadis kecil). Kejadian keduanya merupakan fenomena alam yang selalu terulang pada pola tertentu. Beberapa isyarat akan datangnya kemarau panjang akibat adanya El Nino sudah dikemukakan oleh beberapa pakar.

Dampak El Nino yang luar biasa pada Tahun 1997 telah dirasakan semua pihak di Indonesia yang menyebabkan kekeringan berkepanjangan. Banyak sumur penduduk mengering, debit air sungai menurun, dan meluasnya kebakaran lahan dan hutan. Media massa Indonesia sering memberitakan bencana asap yang berawal dari pembakaran lahan dan hutan oleh perusahaan-perusahaan maupun masyarakat saat membuka lahan. Api kemudian menjadi tak terkendali karena kondisi amat kering. Kerugian besar tak hanya karena banyaknya orang yang harus menderita sakit akibat asap, tetapi juga penundaan pesawat, sampai ke musnahnya jutaan jenis keragaman hayati.

Dampak El Nino terhadap kehidupan manusia sangat beragam. Kemarau panjang Tahun 1900-1901 telah mengakibatkan kelaparan yang hebat di India, menelan korban tidak kurang dari satu juta jiwa. Musim kering yang terjadi Tahun 1932-1933 di Rusia menelan korban sampai tiga juta jiwa. Pada Tahun

1984-1985 terjadi pula kelaparan di Etiopia yang menelan korban tidak kurang dari satu juta jiwa (Purba, 2000).

4.4 Awan, Musim, dan Angin

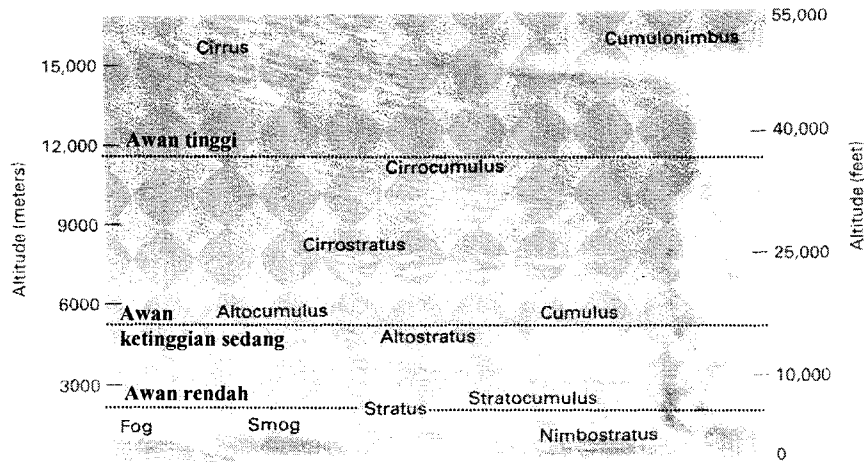
4.4.1 Awan

Bagian dari ruang udara yang tampak menghiasi langit adalah awan. Awan tersusun atas berjuta-juta butiran air dan kristal es yang kecil-kecil, yang terbentuk pada saat udara mendingin. Awan terbentuk dalam berbagai cara dan dinamakan menurut bentuk, tinggi, dan ukurannya. Awan membantu meramalkan jenis cuaca yang mengikuti. Awan sering dihubungkan dengan presipitasi (hujan, salju, hujan bercampur es dan salju atau hujan batuan es), tetapi tidak semua awan mengakibatkan jenis cuaca ini (Watt dan Wilson, 2004).

Air yang terdapat di udara sebagai gas yang tidak dapat dilihat disebut uap air. Uap air terbentuk ketika air di sungai, danau, laut dan samudra memanas. Panas itu membuat air menguap dan naik ke udara. Ketika naik ke udara, uap air mengalami kondensasi, kemudian hasil kodensasi membentuk butiran-butiran air. Butiran butiran air tersebut mengumpul membentuk awan. Suhu saat peristiwa ini terjadi disebut titik embun. Butiran-butiran air yang membentuk awan terts mengumpul membentuk butiran yang lebih besar dan akhirnya jatuhuntuk membuat butiran yang semakin besar yang akhirnya jatuh menjadi menjadi hujan. Jika suhu awan jatuh di bawah titik beku, butiran air membeku membentuk kristal es, yang kemudian turun menjadi salju (Oliver, 2004).

Awan berfungsi untuk mempermudah kita dalam memperkirakan cuaca yang akan terjadi. Selain ketiga jenis awan utama, ada banyak kombinasi dari awan-awan tersebut. Nama awan itu menunjuk pada jenis awan atau pada ketinggian tempat awan itu ditemukan. Ada 10 macam awan seperti ditunjukkan dalam Tabel 4-1 dan Gambar 4-7.

Tabel 4-1. Jenis awan, ciri-cirinya dan kemungkinan cuaca (Matthews, 2005)

Nama	**Ciri – ciri**	**Kemungkinan jenis cuaca**
Cirrus	Awan tinggi dan tipis	Turun hujan
Cirrostratus	Awan tipis dan putih	Turun hujan atau salju
Cirrocumulus	Riak-riak tipis dan putih	Berubah-ubah
Altostratus	Lapisan awan yang kelabu kebiruan	Bagus
Altocumulus	Seperti altostratus tetapi lebih rendah dan lebih lembut	Berubah-ubah
Cumulus	Awan putih dan lembut	Bagus
Stratocumulus	Awan tidak merata	Kering
Cumulonimbus	Awan badai yang tebal dan gelap membentang tinggi ke langit	Hujan
Stratus	Lapisan awan kelabu rendah	Hujan atau salju
Nimbostratus	Lapisan kelabu gelap	Hujan atau salju

Gambar 4-7. Macam-macam awan (Thomspson & Turk, 1993; Nicholson, 2005)

4.4.2 Musim

Di semua tempat di permukaan bumi ini tidak selalu mendapat/menerima jumlah sinar matahari yang sama, hal ini disebabkan karena letak suatu tempat tersebut terhadap matahari yang tidak semuanya sama. Seperti kita semua ketahui bahwa bentuk bumi adalah bulat, serta mempunyai kemiringan, hal inilah yang menyebabkan permukaan bumi tidak dapat menerima sinar matahari secara merata dan dalam jumlah yang sama.

Perbedaan jumlah sinar matahari menyebabkan terjadinya perbedaan suhu sehingga hal inilah yang menyebabkan terjadinya musim pada suatu daerah di permukaan bumi. Ada daerah yang menghadap matahari maka daerah tersebut mengalami musim panas, sedangkan daerah yang membelakangi matahari mengalami musim dingin. Musim yang terjadi pada suatu daerah berlangsung dalam waktu yang cukup lama yaitu tergantung pada berapa lama waktu yang dibutuhkan bumi untuk mengelilingi matahari, atau yang dikenal dengan istilah revolusi bumi (Matthews, 2005).

Pada permulaan orbit terjadinya revolusi bumi salah satu belahan bumi miring terhadap matahari, pengaruh kemiringan bumi ini secara perlahan-lahan mengubah daerah yang menerima panas secara langsung hingga belahan bumi yang berlawanan menggantikan posisinya. Untuk setengah orbit dibutuhkan waktu 6 bulan, sehingga dapat diartikan bahwa pergantian musim pada suatu tempat terjadi setiap 6 bulan sekali.

Garis ekuator atau garis khatulistiwa adalah suatu garis khayal yang mengelilingi bagian tengah Bumi. Pada daerah yang terletak di dekat garis ekuator atau garis khatulistiwa tidak mengalami perubahan suhu yang besar, sehingga pada daerah ini hanya memiliki dua musim saja. Pada daerah yang dekat dengan garis ekuator atau garis khatulistiwa ini mendapatkan sinar matahari yang merata hampir sepanjang tahun sehingga pada daerah ini selalu memiliki suhu yang tinggi dan cuaca yang selalu panas. Pergerakan Bumi mempengaruhi posisi kumpulan awan yang besar. Pada bulan Juni, daerah tropis yang

terletak di sebelah Utara Ekuator terkena panas yang paling kuat dan hujan badai yang paling lebat. Pada bulan Desember, keadaan itu berganti di daerah sebelah Selatan Ekuator. Semakin jauh dari ekuator, semakin rendah suhu pada musim panas dan musim dingin dibandingkan dengan suhu tempat yang berada di ekuator (Oliver, 2004).

Terjadinya siang dan malam disebabkan karena perputaran bumi pada porosnya. Siang hari bisa terjadi selama 21 jam. Pada puncak musim panas, tempat-tempat di dekat Kutub Utara miring menghadap matahari sehingga hampir sepanjang hari terang. Di Stockholm, Swedia, Malam Pertengahan Musim Panas (Midsummer's Eve) berlangsung selama 21 jam karena matahari menghilang di bawah horizon selama hanya tiga jam (Oliver, 2004).

Di Indonesia yang terletak di daerah tropis dikenal dengan dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan umumnya terjadi pada Bulan-Bulan Oktober sampai dengan Bulan Maret dan musim kemarau terjadi pada Bulan-Bulan April sampai Bulan September.

4.4.3 Angin

Angin adalah udara yang bergerak dalam atmosfer dari suatu tempat yang suhunya tinggi ke tempat lain yang suhunya lebih rendah. Di bumi ini pergerakan udara terjadi dari khatulistiwa dan bergerak menuju daerah kutub. Sedangkan udara dingin di daerah kutub bergerak ke arah sebaliknya. Semakin besar perbedaan suhu di antara dua daerah tersebut, semakin cepat angin bertiup (Oliver, 2004).

Angin Muson terjadi pada daerah yang dekat dengan garis ekuator. Angin Muson ini adalah angin yang menyebabkan terjadinya hujan yang lebat. Terjadinya hujan diawali ketika matahari memanasi air laut, kemudian air laut yang menguap tersebut membentuk tumpukan-tumpukan awan besar. Kemudian ketika Angin Muson berhembus tumpukan-tumpukan awan tersebut bergerak menuju ke daratan, dan setelah itu terjadilah hujan dalam waktu yang cukup lama selama berminggu-minggu (Oliver, 2004).

Pada umumnya Angin Muson ini terjadi di daerah benua asia, karena benua asia letaknya dekat dengan garis ekuator. Akan tetapi Angin Muson ini juga terjadi pada beberapa wilayah di Amerika yang dekat dengan ekuator. Angin bisa membawa awan-awan hujan lebat sehingga menimbulkan air bah di padang pasir di bagian Barat Daya Amerika Serikat. Jika hujan berlangsung dalam waktu yang cukup lama, maka akan terjadi banjir hal ini disebabkan karena daratan telah mengeras akibat terbakar matahari sepanjang musim kemarau (Gemmell, 2004).

Kekuatan angin dapat diukur dengan Skala Beaufort (Lihat Tabel 4-2). Skala kecepatan angin Beaufort diperkenalkan pada Tahun 1806 oleh seorang angkatan laut Inggris bernama Jenderal Sir Francis Beaufort (1774-1857). Sir Francis menjelajahi dan menggambar peta laut dunia. Dia menggunakan skala itu untuk menggambarkan efek yang ditimbulkan oleh angin di kapal layar penelitiannya. Angin Topan berada pada ukuran tertinggi skala Beaufort (Morris, 2004).

Tabel 4-2. Skala Beaufort (Morris, 1999)

KEKUATAN	KETERANGAN	KECEPATAN KM/JAM
0	Tenang	< 1
1	Sedikit angin	1 – 5
2	Angin lembut	6 – 11
3	Angin sepoi-sepoi	12 – 19
4	Angin sedang	20 – 28
5	Angin segar	29 – 38
6	Angin Sendalu	39 – 49
7	Mendekati angin kencang	50 – 61
8	Angin kencang	62 – 74
9	Angin sangat kencang	75 – 88
10	Badai	89 – 102
11	Badai besar	103 – 118
12	Angin topan	> 119

Tekanan yang disebabkan karena udara memiliki berat sehingga menekan bumi beserta isinya disebut tekanan udara. Sehingga semakin banyak udara di atas maka semakin kuat pula tekanan atmosfernya demikian pula sebaliknya. Contohnya jika seseorang berada di tempat yang semakin tinggi maka semakin sedikit udara yang ada di atasnya maka semakin rendah pula tekanannya. Udara panas bergerak naik karena udara panas lebih ringan daripada udara dingin. Pada daerah yang memiliki udara panas memiliki tekanan rendah, hal ini disebabkan karena pada daerah yang memiliki udara panas bersifat menyebar, sehingga partikel-partikel udara terpisah lebih jauh. sedangkan pada daerah yang memiliki udara dingin maka temperaturnya tinggi, hal ini disebabkan karena letak partikel-partikel penyusunnya saling berdekatan. Sehingga karena pola alir tekanan udara yang mengalir dari tekanan tinggi [illegible]anan rendah, maka pada daerah yang memiliki udara dingin akan menuju daerah yang bertekanan rendah (Gemmel, 2004).

Selain mempunyai tekanan, angin juga mempunyai arah. Pola angin di dunia disebut angin global. Pola hembusan angin dibagi dalam 3 daerah, hal ini tergantung dari arah hembusannya. Pola angin di dua belahan bumi merupakan bayangan cermin dari satu sama lain. Ketiga pola hembusan angin tersebut yaitu (Oliver, 2004):

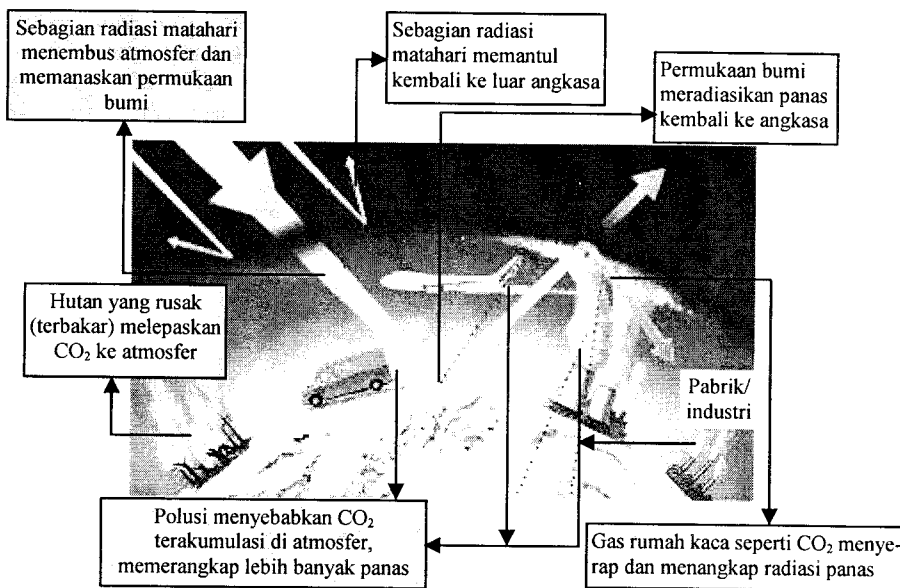
1. Angin Pasat (*trade winds*) adalah angin yang terjadi pada daerah tropis dan menuju ke daerah yang bertekanan rendah di daerah khatulistiwa / ekuator. Angin ini bertiup satu arah di Utara Ekuator dan arah lainnya di sebelah Selatan. Nama angin pasat itu sendiri berasal dari pentingnya angin tersebut bagi para pedagang (*trader*), ketika barang-barang dagangan mereka diangkut dengan kapal laut.
2. Angin Timur Kutub adalah angin dingin yang berhembus dari kutub.
3. Angin Barat adalah angin yang berhembus di daerah beriklim sedang.

4.5 Pemanasan Global (*Global Warming*) Dan Perubahan Iklim (*Climate Change*)

Atmosfer bumi tidak pernah bebas dari perubahan. Komposisi, suhu dan kemampuan membersihkan diri selalu bervariasi sejak planet bumi ini terbentuk. Dengan makin meningkatnya jumlah penduduk yang disertai dengan meningkatnya kegiatan manusia terutama dalam bidang transportasi dan industri, maka

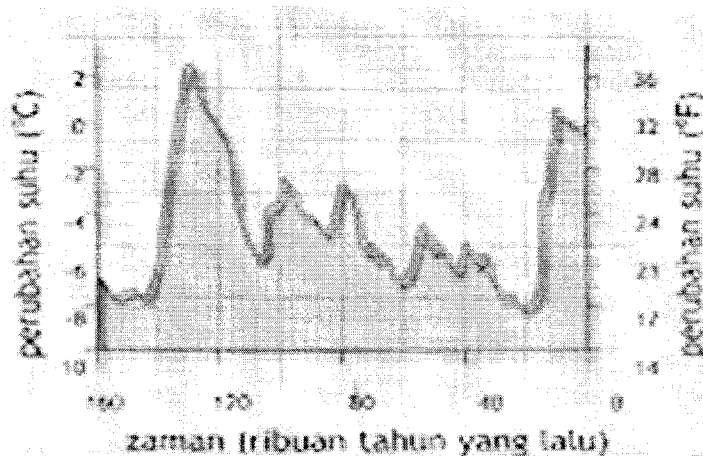
pakar-pakar atmosfer dunia memprediksi akan terjadi kenaikan suhu di seluruh permukaan bumi yang yang dikenal dengan pemanasan global (Rukaesih, 2004).

Yang dimaksud dengan pemanasan global adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi. (http://id.wiki pedia.org/wiki/Pemanasan_global). Penyebabnya seperti disimpulkan oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) adalah peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca melalui efek rumah kaca akibat aktivitas manusia yang terus menerus. Polusi dan pencemaran lingkungan meningkat seiring dengan pembangunan yang terus menerus.

Contoh pencemaran atau polusi ini antara lain adalah ketika kita membuang zat-zat perusak ke udara, air, maupun tanah. Polusi ini antara lain menciptakan gas Karbon Dioksida yang dapat memerangkap panas matahari. Dewasa ini di bumi sangat banyak alat-alat yang dapat menciptakan gas Karbon Dioksida, diantaranya adalah gas buangan dari pesawat terbang, mobil, motor, pabrik, serta pembangkit listrik. Sehingga semakin banyaknya gas-gas yang tercipta maka akan lebih banyak lagi panas yang terperangkap. Hal ini akan membuat suhu di bumi menjadi meningkat (Pearce, 2003; Matthews, 2005; Malam, 2005). Gambar 4-8 berikut menunjukkan sinar matahari yang terperangkap akibat adanya gas-gas dari emisi pembakaran bahan bakar fosil.

Gambar 4-8. Pemanasan global (Pearce, 2003; Matthews, 2005; Malam, 2005)

4.5.1 Memanasnya Suhu Bumi

Selama ± 160.000 tahun terakhir ini, suhu di bumi mengalami gejolak naik dan turun yang tajam seperti terlihat dalam Gambar 4-9. Selama periode ini telah terjadi dua zaman es. Dengan adanya peninggalan budaya yaitu lukisan-lukisan pemandangan Belanda yang penuh dengan es oleh Bruegel, serta adanya laporan-laporan tentang festival es di Sungai Thames, hal inilah yang mendukung pernyataan bahwa pada abad pertengahan, yaitu Abad 12-14, belahan bumi Utara mengalami suatu

periode yang cukup hangat, diikuti dengan zaman es kecil hingga awal abad ke 19. Adanya peristiwa pemanasan serta melelehnya es yang terjadi setelah periode tersebut dapat dianggap sebagai tahap pemulihan dari periode tersebut (Pearce, 2003).

Gambar 4-9. Grafik perubahan suhu di bumi (Pearce, 2003)

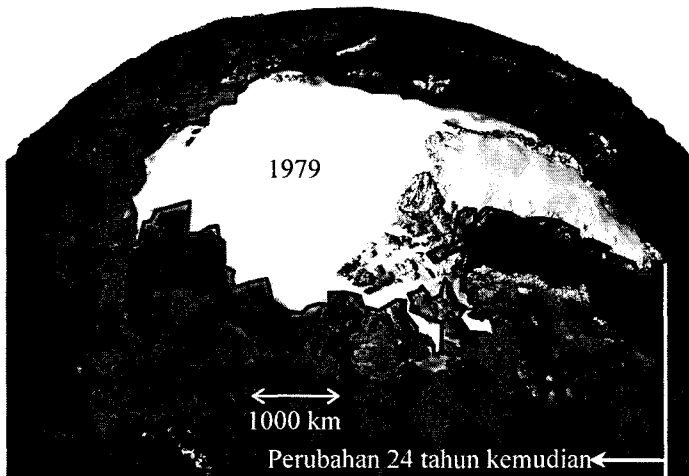
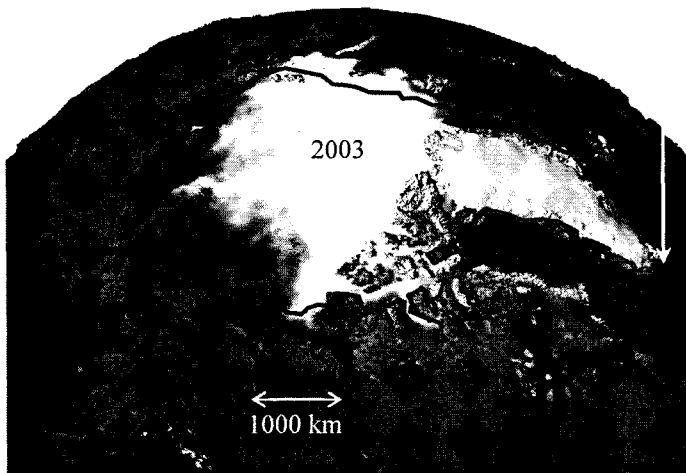
Adanya pemanasan global dapat dilihat dari pengamatan lingkaran tahun pada pohon, endapan pada danau hingga koral, dan gelembung udara yang terjebak di inti es. Kesemuanya itu pernah diteliti oleh peneliti dunia untuk membuktikan kebenaran terjadinya pemanasan global pada bumi ini.

Lingkaran tahun yang terdapat pada pohon menggambarkan pertumbuhan tahunan pohon, semakin tebal lingkaran tahunnya, maka semakin cepat pertumbuhan pohon yang terjadi pada tahun itu. Jika pertumbuhan pada pohon cepat, maka suhu lingkungan di sekitarnya adalah lebih hangat. Demikian pula sebaliknya jika semakin tipis lingkaran tahun yang terdapat pada pohon tersebut, maka semakin lambat pula pertumbuhan pohon yang terjadi pada saat itu. Sehingga dapat disimpulkan pula jika pertumbuhan pohon lambat, maka saat itu suhu lingkungannya lebih dingin. Dengan mengamati gelembung udara yang terperangkap dalam inti es, koral, dan organisme laut purba menunjukkan perubahan kadar dari Karbon Dioksida yang terjadi di atmosfer (Pearce, 2003).

Tahun yang dikenal sebagai tahun terpanas, dalam dekade terpanas, serta di abad terpanas, dan dalam milenium terakhir adalah Tahun 1998. Urutan tahun terpanas berikutnya adalah Tahun 1997 kemudian Tahun 1995. Menurut Pusat Data Iklim Nasional Amerika Serikat, tidak diragukan lagi bahwa planet bumi memanas pada akhir abad ke-20 sebesar 0,25°C setiap 10 tahun (Pearce, 2003). Peningkatan suhu rata-rata menurut IPCC (2001) dari Tahun 1850-1899 dan 2001-2005 sekitar 0.76^{0}C, peningkatan air laut sekitar 1,8 mm selama periode 1961-2003. Sedangkan menurut Rukaesih (2004), perkembangan ekonomi dunia memperkirakan konsumsi global bahan bakar fosil akan terus meningkat. Hal ini menyebabkan emisi Karbon Dioksidasi antara 0,3-2% per tahun, sehingga meningkatkan suhu bumi sekitar 1°- 5° C.

Berikut ini adalah beberapa peristiwa yang terjadi dewasa ini, di mana peristiwa-peristiwa yang terjadi dewasa ini turut mendukung pernyataan bahwa bumi ini mengalami peningkatan suhu secara global, atau disebut mengalami pemanasan global, yaitu (Pearce, 2003):

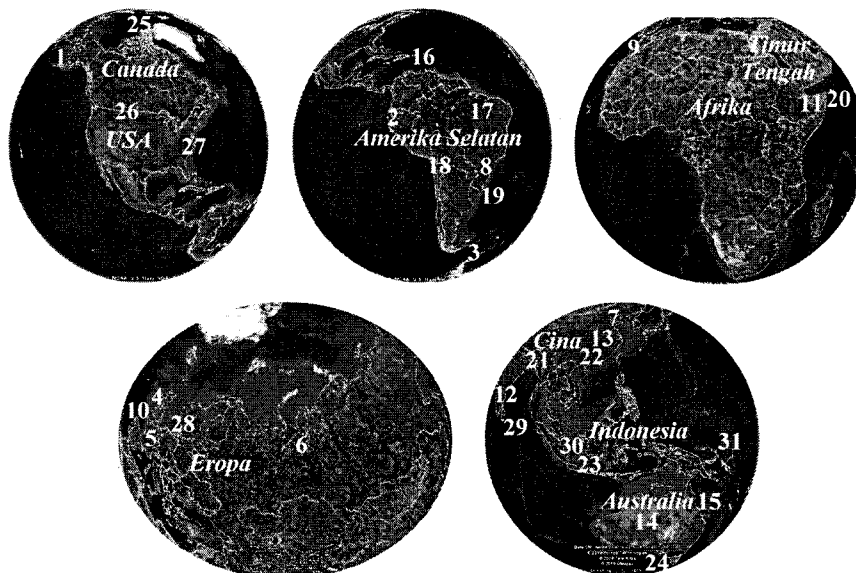
1. Mulai menipisnya kantong es yang berada di tepi Pantai Greenland.
2. Masyarakat Inuit di Amerika Utara melihat pada es yang menghilang, beruang kutub yang kelaparan, dan migrasi paus yang tidak menentu.
3. Pada daerah siberia suhunya meningkat hingga mencapai 5°C yaitu lebih cepat 8 kali dibanding dengan rata-rata kondisi global, hal ini menyebabkan permafrost mencair, jalanan melengkung, dan bangunan roboh.
4. Di daerah Alaska pemburu biasanya menyimpan daging karibu dan lemak paus di gudang es bawah tanah, namun akibat adanya pemanasan global maka gudang es bawah tanah ini mencair ketika musim panas.
5. Terjadinya kekeringan di mediterania, dan badai yang tidak biasa yang disaksikan oleh Bangsa Eropa.
6. Terjadinya bencana angin ribut, tanah longsor dan banjir yang melanda di daerah Amerika Latin dan Asia Tenggara.
7. Angkatan laut Amerika dan Inggris dengan menggunakan alat sonar, mereka melakukan pengukuran ketebalan es rata-rata di daerah Arktik, hasil yang didapat ketebalan es berkurang sebesar ± 42 % dalam jangka waktu 40 tahun.
8. Dapat dilewatinya Terusan Northwest di daerah Kanada pada musim panas dengan menggunakan sebuah kapal.
9. Di luar antartika, lapisan es tempat di mana udang krill mencari makan, mulai menghilang, hal ini menyebabkan makhluk hidup lain menjadi kelaparan. Sebagai contoh adalah menurunnya populasi singa laut di Falkland dan gajah laut di Kepulauan South Shetland.
10. Hilangnya salju yang menutupi permukaan bumi sebanyak 10 % sejak tahun 1960an.
11. Tubuh empat penerbang Inggris yang terkubur dalam timbunan es di Islandia Utara akibat kecelakaan yang terjadi pada Tahun 1941, muncul kembali pada Tahun 1990.
12. Berkurangnya pembekuan air yang terjadi pada danau dan sungai berdasarkan periode tahunan selama 2 minggu.
13. Menyusutnya gletser di semua puncak gunung, termasuk di Gunung Kilimanjaro, Tanzania, di mana daerah ini telah mengalami kehilangan kantong es sebesar 82 % sejak Tahun 1912.
14. Menghilangnya gletser di Alpen, jika kita bandingkan dengan pengamatan pertama pada pertengahan abad ke 19, maka telah hilang sebanyak setengah dari es dan saljunya.
15. Menyusutnya gletser Gruben di Swiss sebesar 200 m pada Tahun 1990.

Dari beberapa bukti tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa dewasa ini laju dan tingkat pemanasan di bumi ini telah melewati lebih dari yang telah terjadi. Sehingga perlu di lakukan suatu tindakan untuk menyelamatkan bumi ini dari pencairan global. Pemanasan terbesar pada akhir Abad 20 ini terjadi di Benua Arktik yang dapat dilihat pada Gambar 4-10.

a. Kondisi Laut Es di Benua Arktik Tahun 1979

b. Kondisi Laut Es di Benua Arktik Tahun 2003

Gambar 4-10. Mengecilnya Artic Sea Ice (Earthobservatory.nasa.gov, 2003)

Selama ini pemanasan global hanya dikenal dari wacana atau diskusi saja, akan tetapi dewasa ini pemanasan global telah benar-benar terjadi. Sehingga sekarang ini harus dicari solusi terbaik untuk mengatasi masalah tersebut. Semua bukti di atas menunjukkan bahwa bumi belum pernah sepanas ini selama satu milenium atau lebih dan mungkin bumi tidak pernah memanas secepat 25 tahun terakhir, suatu masa di mana hal alami yang berpengaruh terhadap suhu global, seperti bintik matahari yang seharusnya berefek mendinginkan tidak berarti apa-apa. Dengan adanya efek rumah kaca yang telah dikemukakan oleh para ilmuwan selama lebih dari seabad yang lalu, sulit untuk membantah pendapat

para ahli klimatologi yang mengatakan bahwa apa yang kita alami ini merupakan perubahan iklim akibat ulah manusia (Pearce, 2003).

Harian Kompas pada Tanggal 20 Februari 2009 dalam rubrik humaniora menurunkan tulisan dengan judul "Sepenggal Kisah Perubahan Iklim" bersumber dari The Atlas of Climate Change, University of California Press (2006) dengan data tanda-tanda perubahan iklim. Tanda-tanda tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4-11.

Keterangan gambar:
1 s/d 7 Kenaikan suhu lokal
8 s/d 15 Panas ekstrim dan atau kekeringan
16 s/d 24 Hujan ekstrim, banjir dan atau angin
25 s/d 28 Perubahan perilaku hewan dan tumbuhan
29 s/d 31 Naiknya permukaan laut/pulau-pulau tenggelam

Gambar 4-11. Daerah dengan tanda-tanda perubahan iklim (Kompas, 2009)

Angka-angka dalam Gambar 4-11 menjelaskan kondisi iklim di suatu tempat seperti ditunjukkan dalam Tabel 4-3.

Tabel 4-3. Tanda-Tanda Perubahan iklim (Kompas, 2009)

1	**Permafros Alaska**	17	**Banjir di Brasil**
	Suhu naik 3^0C-4^0C sejak 1950 berdampak nyata di Alaska.		10000 orang kehilangan rumah & lebih dari 160
	Jalan dan bangunan ambles akibat tanah permafros lumer.		orang tewas akibat banjir & longsor pada 2004.
	Hilangnya es di laut saat musim panas menimbukan erosi	18	**Banjir di Bolivia**
	yang membahayakan kawasan yang rendah.		Hujan deras dan banjir awal 2006 berdampak
2	**Andes Tropis**		pada 17.500 orang
	Terjadi penciutan luas gletser pegunungan pada abad ke 20	19	**Topan Atlantik Selatan**
3	**Lempeng es Larsen B**		Untuk pertama kali dalam sejarah topan di Atlantik Selatan menghantam Brasil.
	Pada 2002, lempeng es seluas 3.250 km^2 terlepas dari	20	**Banjir di "Tanduk Afrika"**
	semenanjung Antartika. Diikuti pesatnya arus glasial dan		Banjir terburuk sejak 50 tahun terakhir pada 2006. Di

	mundurnya lapisan es.		Somalia600 orang tewas dan ratusan
4	**Musim gugur Eropa**		ribu orang terdampak di Somalia.
	Beberapa negara di Utara Pegunungan Alpen mengalami	21	**Muson Musim Panas Asia**
	musim gugur lebih hangat sejak pengukuran suhu resmi		Hujan deras dan banjir di India Utara, Nepal,
	dimulai. Rekor suhu tertinggi sejak 1659 di Inggris Tengah		dan Banglades pada 2004 menewaskan 1.800
5	**Pegunungan Alpen Eropa**		orang dan jutaan terlantar.
	Tingkat hilangnya lapisan es glester rata-rata pada 2003 mencapai dua kali rekor terakhir pada 1998.	22	**Banjir di Cina**
6	**Lumernya Siberia**		Hujan deras mengakibatkan banjir dan tanah longsor pada Juni 2006, berdampak pada
	Suhu rata2 bagian Barat naik 3^{0}C sejak 1960-an		17 juta orang di Cina Selatan
	memicu lumernya permafros.	23	**Musim Tak Menentu di Indonesia**
7	**Perubahan di China**		Hujan deras berakibat banjir terjadi di beberapa tempat di Indonesia. Musim hujan dan kemarau
	Meningkatnya suhu, curah hujan, & lumeran es menunjuk kan gejala perubahan iklim di Barat Laut China.		bergeser di Indonesia, mempengaruhi pertanian dan musim tanam
8	**Kekeringan di Brasil Selatan**	24	**Banjir di Selandia Baru**
	Kekeringan pada 2006 memangkas 10% panen kedelai Brasil		Februari 2004 banjir parah mengakibatkan kematian serta
9	**Kekeringan di Spanyol**		kerusakan rumah dan tanah pertanian.
	2005 Spanyol mengalami musim terkering sejak rekor 1947	25	**Beruang Kutub Kanada**
10	**Gelombang panas Eropa**		Laut es Arktik menciut sekitar 8% tiap dekade, mengurangi musim berburu beruang kutub
	Pada 2003 tercatat 35.000 tewas akibat gelombang panas di Prancis, Italia, Belanda, Portugal, Spanyol dan Inggris.		yang berakibat pada buruknya kondisi kesehatan dan perkembang-biakan.
11	**Kekeringan di "Tanduk Afrika"**	26	**Nyamuk**
	2006 sedikitnya 11 juta orang terdampak kelaparan akibat kekeringan di Burundi, Djibouti, Eritrea, Ethiopia, Kenya, Somalia, &Tanzania.		Ilmuwan menemukan adaptasi genetik terhadap suhu hangat pada beberapa jenis nyamuk di Amerika Utara. Nyamuk memasuki masa
12	**Gelombang panas India**		dorman musim dingin lebih lambat 9 hari
	Pada 2003 terjadi lebih dari 1.500 kematian di India dan Pakistan akibat kenaikan suhu yang mencapai 50^{0}C.		daripada 30 tahun lalu, memperpanjang masa aktif untuk menyebarkan penyakit.
13	**Kekeringan di China**	27	**Musim Berbunga di Washington DC**
	2006 kekeringan parah di Utara berdampak pada 12% pertanian negara. Kekeringan parah di Selatan		Pohon berbunga rata-rata 4,5 hari lebih awal di Washington DC
	berdampak pada 18 juta jiwa.	28	**Habitat Kupu-kupu Eropa**
14	**Kekeringan di Australia**		Dari 35 jenis spesies kupu-kupu Eropa non-
	Kondisi tidak normal sedikitnya, bahkan tiadanya curah hujan pada dekade hingga 2007 berdampak parah pada peternak. Kota2 menerapkan pembatasan penggunaan air.		imigrasi, 22 jenis memajukan jangkauan habitatnya 35-240 km ke Utara pada abad ke-20, hanya satu jenis yang mundur ke Selatan.
	April 2007 diumumkan pembatasan air irigasi pada petani	29	**Pulau-pulau Terancam Hilang**
15	**Pemutihan Karang**	30	Negara kepulauan seperti Maladewa di Samudra
	1998, Great Barrier Reef & terumbu karang di tempat lain	31	Hindia, pulau2 kecil di Indonesia, serta negara-
	mengalami pemutihan karang paling parah sepanjang sejarah		negara kepulauan di Samudra Pasifik terancam tenggelam
16	**Topan di Atlantik**		akibat naiknya permukaan laut
	2005 menjadi tahun tersering terjadinya topan		
	di Atlantik. Semakin banyak topan Kategori 5		

4.5.2 Lapisan Ozon

Ozon adalah bagian kecil dari atmosfer kita, namun keberadaannya mempunyai pengaruh yang sangat besar bagi kehidupan makhluk hidup. kebanyakan ozon berada di lapisan atmosfer yang bernama stratosfer, letaknya kurang lebih 10 kilometer (6 mil) di atas permukaan bumi (Fahey, 2002).

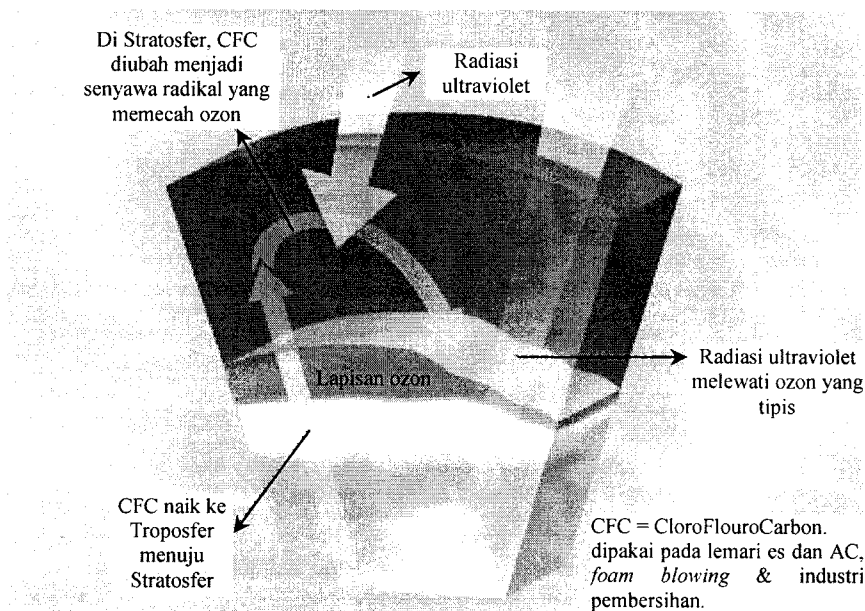
Secara alamiah ozon tersebar dalam stratosfer membentuk lapisan yang tebalnya kurang lebih 35 km. Konsentrasi lapisan stratosfer bervariasi menurut ketinggian. Lapisan ozon yang tipis ini bila

dibandingkan dengan tebalnya seluruh atmosfer bumi cukup efisien dalam menyaring semua sinar ultraviolet matahari yang berbahaya bagi makhluk hidup di bumi (Rukaesih, 2004).

Sejak pertengahan Tahun 1970, di mana manusia mulai memproduksi bahan-bahan kimia yang dapat merusak ozon dan menyebabkan menipisnya lapisan ozon. Hal ini dapat dilihat pada setiap musim semi di wilayah Selatan bumi, suatu lubang terbuka pada lapisan di bagian atas ozon. Pada ketinggian 15-20 Km di atas antartika, 95% lapisan ozon telah lenyap. Lubang ini bertambah besar sejak Tahun 1979 dan sepuluh tahun kemudian semakin besar pula (Rukaesih, 2004). Kejadian tersebut mengakibatkan meningkatnya radiasi sinar ultraviolet pada permukaan bumi, dan mengindikasikan dapat menyebabkan kanker kulit dan katarak mata (Lahey, 2002).

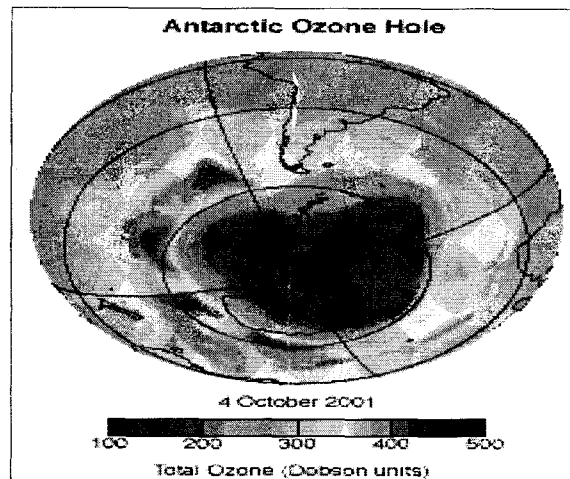
Lapisan ozon berfungsi untuk menutupi permukaan bumi dari radiasi sinar ultraviolet (UV) matahari yang berbahaya (Pearce, 2003). Namun para ilmuwan menemukan bahwa kini lapisan ozon semakin menipis karena adanya zat-zat buatan manusia seperti CFC atau CloroFlouroCarbon yang naik ke atmosfer dan memecah molekul ozon (Watt dan Wilson, 2004). CFC merupakan gas yang berwarna biru tua, stabil, tidak mudah terbakar, mudah disimpan, dan murah harganya (Rukaesih, 2004).

Mula-mula CFC naik ke troposfer menuju lapisan stratosfer. Di stratosfer, CFC diubah menjadi senyawa radikal yang memecah ozon. Bahan-bahan itu merusak lapisan ozon dengan cara menangkap panas di dekat permukaan bumi, kemudian gas rumah kaca mendinginkan stratosfer dan menciptakan kondisi ideal untuk kerusakan lapisan ozon (Pearce, 2003).

Proses penipisan ozon ditunjukkan dalam Gambar 4-12.

Gambar 4-12. Proses Penipisan Lapisan Ozon (Pearce, 2003)

Lapisan ozon yang lebih tipis menyebabkan lebih banyak radiasi sinar UV menembus lapisan troposfer (atmosfer bagian bawah), sehingga menyebabkan sedikit pemanasan. Bila hal ini terus menerus terjadi maka radiasi yang berbahaya akan menembus permukaan bumi, dan tidak ada perlindungan terhadap radiasi berenergi tinggi yang berbahaya, yang menyebabkan kanker kulit (Watt dan Wilson, 2004).

Berdasarkan pada penelusuran mengenai issu lingkungan ini, penelitian difokuskan pada pemahaman yang lebih baik mengenai permasalahan lapisan ozon. Stasiun pengamatan menunjukkan bahwa lubang ozon yang terjadi di atmosfer berangsur-angsur meningkat. Hal ini berkaitan dengan peningkatan produksi dan penggunaan bahan-bahan kimia seperti Chloroflourocarbon (CFC) yang digunakan pada lemari pendingin dan penyejuk udara (ac), *foam blowing*, dan industri pembersihan (Lahey, 2002).

Observasi mengenai lapisan ozon menunjukkan bahwa penipisan lapisan ozon terjadi di antartika. Kejadian ini dikenal dengan lubang ozon (Lahey, 2002). Para ilmuwan menemukan sebuah lubang ozon, yaitu tempat lapisan ozon menipis, di atas Antartika. Untuk memonitor jumlah ozon di atmosfer, mereka menggunakan peralatan yang dipasangkan di balon udara (Watt dan Wilson, 2004). Hilangnya lapisan ozon paling jelas terlihat di daerah kutub, di mana lubang ozon sementara terbentuk pada tiap akhir musim dingin seperti ditunjukkan dalam Gambar 4-13 (Pearce, 2003).

Gambar 4-13. Lubang Ozon di Antartika (Pearce, 2003)

4.5.3 Efek Rumah Kaca

Variasi sistem iklim terjadi secara alami, melalui proses internal dan juga pengaruh faktor eksternal termasuk aktivitas radiasi matahari, ledakan gunung berapi, perubahan pada orbit matahari, gas-gas rumah kaca dan saat ini oleh aktifitas manusia (http://simple.wikipedia.org/wiki/Climate_change).

Radiasi matahari yang masuk ke bumi dalam bentuk gelombang pendek menembus atmosfer bumi dan berubah menjadi gelombang panjang ketika mencapai permukaan bumi. Setelah mencapai permukaan bumi, sebagian gelombang dipantulkan kembali ke atmosfer. Namun sayangnya, tak semua gelombang

panjang yang dipantulkan kembali oleh bumi dapat menembus atmosfer menuju angkasa luar karena sebagian dihadang dan diserap oleh gas-gas yang berada di atmosfer - disebut gas rumah kaca. Akibatnya radiasi matahari tersebut terperangkap di atmosfer bumi. Karena peristiwa ini berlangsung berulang kali, maka kemudian terjadi akumulasi radiasi matahari di atmosfer bumi yang menyebabkan suhu di bumi menjadi semakin hangat (Meiviana dkk., 2004).

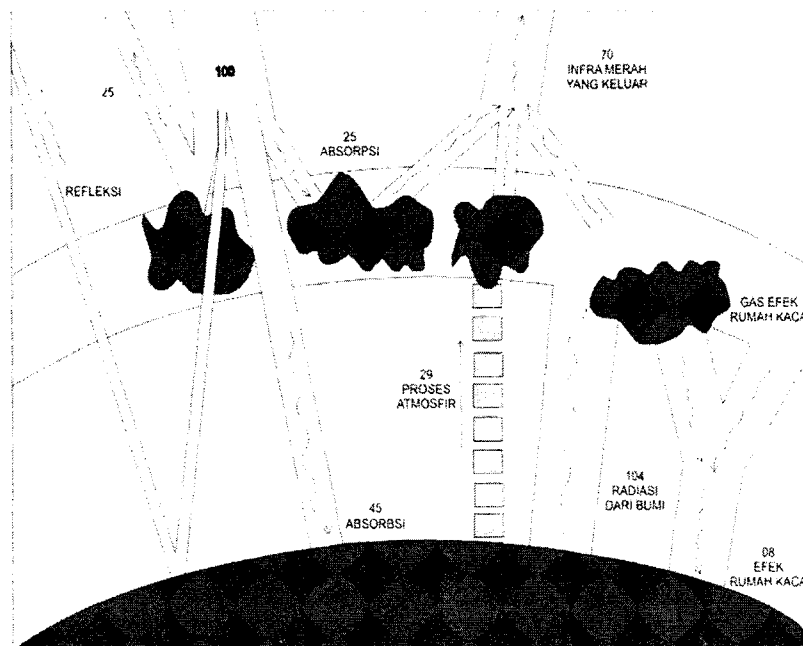
Gas rumah kaca adalah gas-gas di atmosfer yang dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia. Gas ini berkemampuan untuk menyerap radiasi matahari di atmosfer sehingga menyebabkan suhu di permukaan bumi menjadi lebih hangat. Meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer akibat aktivitas manusia pada akhirnya menyebabkan meningkatnya suhu permukaan bumi secara global (Meiviana dkk., 2004). Gas-gas rumah kaca mengakibatkan efek rumah kaca. Namun pada dasarnya efek rumah kaca alami penting bagi kehidupan di bumi. Gas-gas rumah kaca utama yang adalah uap air, Karbon Dioksida (CO_2), dan Metana (CH_4) yang merupakan hasil dari pembakaran bahan bakar fosil di sektor energi, transportasi dan industri. Sementara gas seperti HFCs, PFCs dan SF_6, yang dihasilkan terutama dari industri pendingin (freon) dan penggunaan aerosol, "hanya" menyumbang kurang dari 1% total emisi gas rumah kaca.

Walaupun hanya 1% tetapi gas-gas tersebut punya potensi pemanasan yang jauh lebih tinggi dibanding gas CO_2, CH_4 dan N_2O. Pada akhirnya jumlah yang diemisikan pun tak beda dengan gas CO_2, CH_4 dan N_2O. Gas-gas tersebut menangkap radiasi panas matahari dari permukaan bumi dan mencegahnya kembali ke luar angkasa sehingga mempertahankan suhu bumi agar tetap seimbang. Tanpa adanya selimut pemanas ini, permukaaan bumi akan membeku (Pearce, 2003; Wikimedia, 2007; Meiviana dkk., 2004).

Setiap gas rumah kaca mempunyai ciri radiasi tersendiri. Uap air menyerap radiasi pada panjang gelombang antara 4 dan 7 mikrometer; Karbon Dioksida menyerap panjang gelombang 13 dan 19 mikrometer. Semakin kuatnya pengaruh gas rumah kaca diukur secara langsung pertama kali pada Tahun 2000 ketika para ilmuwan melaporkan perubahan spektrum radiasi yang dilepaskan dari atmosfer ke luar angkasa (Pearce, 2003).

Efek rumah kaca dapat diterangkan sebagai berikut, energi matahari yang masuk ke bumi mengalami (Rukaesih, 2004):

- 25 % dipantulkan oleh awan atau partikel lain di atmosfer
- 25 % diserap awan
- 45 % diadsorpsi permukaan bumi
- 5 % di pantulkan kembali ke permukaan bumi.

Energi yang diadsorpsi dipantulkan kembali dalam bentuk radiasi infra merah oleh awan dan permukaan bumi. Namun sebagian besar infra merah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan gas CO_2 dan gas rumah kaca lainnya, untuk dikembalikan ke permukaan bumi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4-14.

Gambar 4-14. Panas yang terperangkap di atmosfer menentukan keseimbangan energi di bumi (Schneider, S, 1989 dalam Rukaesih, 2004)

Namun kecepatan bertambahnya gas rumah kaca di atmosfer saat ini lebih besar daripada yang pernah terjadi sebelumnya. Hal ini diakibatkan adanya polusi yang disebabkan oleh kebakaran hutan, kendaraan (terutama pesawat terbang), pabrik, dan pembangkit listrik seperti ditunjukkan dalam Gambar 4-8 (Pearce, 2003). Beberapa gas yang menyebabkan terjadinya efek rumah kaca antara lain:

1. Karbon Dioksida

   Gas seperti Karbon Dioksida (CO_2) dikenal sebagai gas rumah kaca, karena gas itu berperan seperti kaca pada rumah kaca. Gas itu membiarkan radiasi energi sinar matahari yang tinggi menembus gas-gas itu untuk memanaskan permukaan bumi, tetapi gas-gas itu menyerap radiasi energi sinar matahari yang dikirim kembali oleh bumi. Kemudian gas itu mengeluarkan energi yang lebih rendah ke segala arah. Sebagian dari energi ini mencapai bumi, sehingga menerima penambahan pemanasan.

   Gas ini mempengaruhi suhu global, gas ini selalu bertambah di atmosfer akibat aktivitas manusia. Karbon Dioksida selalu dipertukarkan antara atmosfer dan lautan, diserap dan dilepaskan oleh tumbuhan dan hewan di permukaan burni. Konsentrasi CO_2 di atmosfer mempunyai siklus musiman, akibat penyerapan CO_2 oleh tumbuhan yang tumbuh setiap musim semi dan pelepasan CO_2 pada musim gugur (Pearce, 2003).

   Dalam 200 tahun terakhir, siklus musiman cenderung meningkat setiap tahunnya. Mula-mula kenaikan ini disebabkan terutama oleh kerusakan hutan dan pelepasan CO_2 ke atmosfer. Dalam lima puluh tahun terakhir, penyebab utamanya adalah pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak. Lebih dari setengah emisi diabsorpsi kembali oleh laut dan tumbuhan, yang akan tumbuh

lebih cepat karena kandungan Karbon Dioksida di udara melimpah. Tetapi akumulasi CO_2 menyebabkan kenaikan sekitar 1,5 ppm (0,4%) per tahun konsentrasi gas di udara (IPCC, 2001). Sejak Tahun 1800, konsentrasi Karbon Dioksida di atmosfer naik dari 270 ppm (part per million = seperjuta liter) menjadi 370 ppm saat ini. Nilai ini lebih besar dari yang pernah ada selama 20 juta tahun terakhir (Pearce, 2003).

Peningkatan konsentrasi CO_2 dalam atmosfer akan menyebabkan perubahan iklim yang cukup signifikan dan dapat mempercepat peningkatan muka air laut (IPCC, 2001).

2. Gas Metana

   Gas rumah kaca hasil aktivitas manusia terpenting setelah Karbon Dioksida adalah Metana. Satu molekul gas ini berpotensi sebagai gas rumah kaca 20 kali lebih besar daripada satu molekul Karbon Dioksida. Gas ini dihasilkan terutama oleh aktivitas bakteri yang tumbuh subur dalam asosiasinya dengan manusia. Bakteri ini ditemukan misalnya di sawah, di tempat penimbunan sampah, dan dalam pencernaan hewan ruminansia (Pearce, 2003). Gas Metana juga didapat dari pembakaran bahan bakar fosil, dan pertanian. Sebagai tambahan, emisi Karbon Monoksida (CO) juga merupakan penyebab meningkatnya Gas Metana (IPCC, 2001).

   Selain itu ada juga pelepasan Metana yang terperangkap di tanah, yaitu dari pipa gas alam dan tambang batubara. Vegetasi, yang membusuk dalam waduk atau kolam juga merupakan sumber Metana yang penting. Penelitian terakhir menunjukkan bahwa waduk dan kolam menyumbangkan seperlima emisi Metana global, menyebabkan tujuh persen dari total pemanasan global. Konsentrasi gas Metana dalam atmosfer mengalami peningkatan sekitar 1060 ppb (151 %) sejak Tahun 1750 dan terus mengalami peningkatan. Kadar gas ini kini diperkirakan lebih tinggi dari sebelumnya dalam sedikitnya 420.000 tahun terakhir (Pearce, 2003; IPCC, 2001).

3. Gas rumah kaca yang lain

   Gas rumah kaca lain buatan manusia yang lebih sedikit menambah pemanasan global adalah NO_2 dan Ozon (yang juga dihasilkan secara alamiah), serta beberapa senyawa buatan manusia seperti KlorofluoroKarbon (ChloroFluoroCarbon = CFC). CFC telah dikurangi secara bertahap selama lebih dari 15 tahun terakhir untuk menjaga lapisan ozon. Tetapi senyawa pengganti CFC seperti HidroFluoroKarbon, PerfluoroKarbon, dan Sulfur heksafluorida, yang digunakan dalam lemari pendingin (kulkas) serta peralatan lain, juga meningkatkan pemanasan global. Bahan-bahan tersebut menyusun 3 persen dari seluruh kontribusi Eropa terhadap pemanasan global (Pearce, 2003).

   Konsentrasi N_2O dalam atmosfer mengalami peningkatan sekitar 46 ppb (17 %) sejak Tahun 1750 dan akan terus mengalami peningkatan. N_2O didapat dari pertanian, peternakan dan industri kimia (IPCC, 2001). Senyawa lain yang dapat merusak lapisan ozon yaitu senyawa halon. Senyawa halon digunakan sebagai pemadam kebakaran ternyata merusak lapisan ozon sepluh kali lebih efektif dari CFC. Meskipun dengan konsentrasi yang sangat rendah di atmosfer kadarnya akan meingkat dua kali dalam kurun waktu 5 tahun. Konsentrasi $CFCl_3$ dan CF_2Cl_2 meningkat 2 kali setiap 17 tahun (Rukaesih, 2004). Senyawa-senyawa kimia lain yang termasuk gas rumah kaca lain yaitu Perfluorocarbons (PFCs) dan Sulfur hexafluoride (SF_6) (IPCC, 2001).

4.5.4 Pengaruh Umpan Balik

Bertambahnya jumlah Karbon Dioksida di atmosfer terus meningkat jika dibandingkan dengan kondisi pada saat terjadinya revolusi industri. Para ilmuwan memperhitungkan bahwa hal tersebut dapat menyebabkan peningkatan suhu global sebesar 1°C (Pearce, 2003). Namun mereka juga memperkirakan bahwa peningkatan suhu menjadi beberapa kali lebih besar disebabkan adanya efek umpan balik yang dipicu oleh pemanasan global. Umpan balik positif bersifat memanaskan suhu, sedangkan umpan balik negatif memiliki efek mendinginkan (Pearce, 2003).

Uap air mempunyai kontribusi yang besar terhadap umpan balik positif. Bumi yang lebih panas akan menyebabkan uap air yang terbentuk di udara juga semakin banyak. Suhu yang meningkat akan memanaskan lautan dan menyebabkan terbentukknya uap air. Sedangkan uap air merupakan gas rumah kaca, sehingga umpan balik positif ini akan menyebabkan pemanasan dua kali lebih besar dari Karbon Dioksida (Pearce, 2003).

Laut cenderung menyerap panas yang dipancarkan sinar matahari, sedangkan salju dan es yang menutupi permukaan Laut Arktik dan Antartika memantulkan kembali sinar matahari ke angkasa. Salju dan es memantulkan kembali ke angkasa 80% radiasi matahari yang mengenai permukaan bumi sehingga membantu mempertahankan suhu dingin. Namun melelehnya es di Arktik dan Antartika menyebabkan permukaan bumi yang terkena cahaya matahari akan menjadi lebih gelap, terutama air laut. Air laut menyerap 80% radiasi matahari, sehingga berdasarkan panel diskusi ilmiah IPCC diperkirakan temperatur kutub memberikan dampak dua kali lipat terhadap pemanasan bumi di masa yang akan datang (Wikimedia, 2007).

Lautan cenderung memperlambat pemanasan dengan menyerap panas dari permukaan dan memindahkannya ke kedalaman. Proses ini dibatasi oleh kecepatan perpindahan air laut antar kedalaman (percampuran vertikal), dan para ahli kelautan memperkirakan bahwa pemanasan global akan mengurangi jumlah percampuran air laut itu. Jadi sementara lautan saat ini memperlambat pemanasan global, efek menguntungkan ini dapat makin berkurang di masa depan (Pearce, 2003).

4.5.5 Efek Pemanasan Global

Dampak dari pemanasan global yang paling berbahaya adalah perubahan iklim dengan adanya kenaikkan suhu, pencairan es dan gletser, kenaikan muka air laut, serta kerusakan-kerusakan ekologi makhluk hidup (IPCC, 2001; Pearce, 2003).

Dengan keadaan bumi ini yang semakin memanas, di mana suhu di bumi ini secara global akan terus meningkat, maka dapat dipastikan pencairan terhadap gletser-gletser yang sedang terjadi ini, akan terus berlangsung, di mana pencairan gletser ini mengancam perkembangan irigasi, navigasi, dan hidroelektrik.

Data satelit menunjukkan menunjukkan adanya penurunan es sekitar 10 % dan penurunan penyebaran gletser pada kawasan non-polar selama abad 20 (IPCC, 2001).

Dampak dari pemanasan global yang melanda bumi ini salah satunya adalah dapat menyebabkan hilangnya daratan. Karena pemanasan global menyebabkan banyak permukaan es mencair. Es yang mencair tersebut menyebabkan volume air laut meningkat, sehingga lambat laun dapat menenggelamkan daratan yang ada di bumi ini. Sebagai contoh pada abad ke 20, permukaan air laut naik sebesar 10-20 cm. Memuainya air laut ini disebabkan oleh panas atmosfer yang menembus ke dalam laut hingga kedalaman

3.000 m. Akan tetapi kenaikan suhu paling terlihat terjadi di kedalaman 300 m, di mana suhunya naik sekitar 0,25°C. Keadaan seperti itu terjadi dalam 40 tahun terakhir ini. Daratan di bumi ini bisa lebih cepat lagi terendam air laut, jika saja tidak ada air yang tertimbun di dalam waduk atau perairan lain yang ada di daratan. Seperti kita ketahui bahwa telah ada empat dari lima pantai mengalami erosi, contohnya adalah Negara bagian Louisiana yang berada di Amerika Serikat, kehilangan 0,4 hektar tanah setiap 24 menit. Yang pertama kali lenyap adalah pulau-pulau penghalang yang melindungi pantai dari badai, hal itu menyebabkan 90% kematian terjadi selama angin topan (Pearce, 2003).

Pencairan salju dan gletser yang akan terus berlangsung, contohnya (Pearce, 2003):

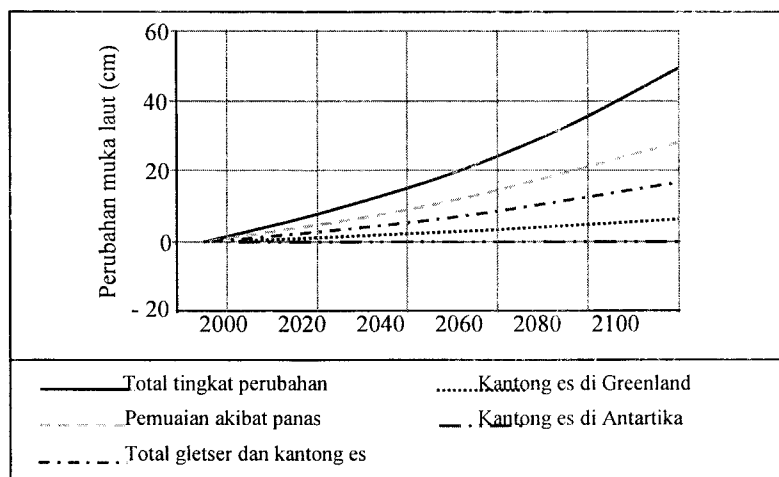
a. Pegunungan Himalaya
   Saat ini mempunyai 1.500 gletser yang menutupi wilayah seluas 33.000 km^2. Diperkirakan bahwa pada Tahun 2100, sebagian besar gletser tersebut akan menghilang karena mencair.
b. Pegunungan Alpen
   Ilmuwan Eropa memperkirakan bahwa gletser2 di Alpen akan menghilang sekitar 50-90%.
c. Snowy Mountains di Australia
   Diperkirakan pada Tahun 2070, tidak akan bersalju lagi.
d. Gunung Kilimanjaro
   Diperkirakan salju yang terdapat di daerah tersebut pada Tahun 2015 akan menghilang.
e. Daerah tropis Andean
   Diperkirakan pada daerah ini sebagian besar gletsernya akan menghilang. Gletser yang terdapat pada daerah ini dimanfaatkan oleh La Paz, Lima, Quito (ibukota dari Bolivia), Peru, dan Ekuador sebagai sumber air dan tenaga pembangkit listrik. Sehingga jika gletser tersebut menghilang, kemungkinan yang akan terjadi dalam kurun waktu < 10 tahun akan menyebabkan daerah-daerah yang tergantung dengan gletser Andean akan mencari alternatif lain untuk mendapatkan air dan tenaga listrik.

Pencairan global yang terjadi akan bertambah buruk jika salju yang turun semakin berkurang, sedangkan curah hujan semakin meningkat, hal ini akan mengakibatkan banjir yang melanda bumi ini di banyak daerah khususnya pada daerah hilir. Ketika musim dingin tiba, di banyak daerah di belahan bumi lain yang mengalami musim salju, sungai-sungai akan membeku, hal ini disebabkan karena air yang turun adalah dalam salju yang jatuh di daerah pegunungan. Akan tetapi pada masa mendatang akibat pemanasan global, sungai-sungai yang membeku ini akan terus mengalir bahkan intensitas airnya juga akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan sudah tidak ada lagi salju yang turun, salju-salju itu digantikan dengan turunnya hujan dalam bentuk air. Ketika musim semi tiba aliran air yang berasal dari pencairan es yang biasanya merupakan aliran paling tinggi akan melimpah akibat dari pencairan gletser, akan tetapi lama kelamaan ketika musim dingin tiba dan salju sudah tidak ada maka aliran air yang terjadi pada musim semi juga akan berkurang. Hal ini dikarenakan gletser sudah habis dan tidak terbentuk lagi. Dampaknya terhadap aliran air di hilir akan sangat dahsyat (Pearce, 2003).

Sebagai contoh pada daerah California, salju yang mencair di musim semi dari Sierra Nevada saat ini dapat menjadi penopang irigasi di ladang daerah dataran gurun rendah ketika musim panas tiba. Namun berdasarkan prediksi yang ada dikatakan bahwa pada akhir abad 21, gumpalan salju yang ada pada daerah tersebut akan hilang 80%. Karena air yang digunakan untuk irigasi adalah air yang berasal dari pencairan salju ketika musim panas, sehingga jika jumlah salju berkurang sedemikian besarnya akan mengakibatkan banyak daerah pertanian yang produktif di dunia mengalami kekeringan. Banjir mendadak yang

menghanyutkan pemukiman di Alpen pada musim dingin Tahun 2000 mungkin merupakan salah satu pertanda dari hal-hal yang akan terjadi di masa mendatang (Pearce, 2003).

Sedangkan pada daerah Asia Selatan, sebanyak setengah miliar orang tergantung pada aliran gletser di Sungai Gangga, Brahmaputra, dan Indus. Sehingga jika gletser pada daerah ini menghilang maka, mereka harus mencari sumber air lain.

Banyak sekali dampak yang muncul akibat dari pemanasan global, dampak yang muncul ini berkesinambungan dengan hal-hal lain yang merugikan bagi makhluk hidup yang ada di bumi ini. Salah satunya adalah mencairnya gletser dalam skala yang cukup besar, hal ini menyebabkan jumlah air di bumi ini menjadi sangat berlimpah dan menyebabkan terjadinya banjir. Banjir yang ada di bumi ini akan mengalir menuju ke laut, sehingga permukaan air laut menjadi meningkat seperti ditunjukkan dalam Gambar 4-15. Meningkatnya permukaan air laut ini juga dapat menyebabkan tenggelamnya daratan-daratan yang ada di dekat laut. Belum dapat diketahui berapa jumlah kentong es yang dapat menyebabkan naiknya permukaan air laut. Hal ini disebabkan karena tidak diketahuinya bagaimana lapisan es akan bereaksi terhadap pemanasan yang terjadi pada permukaan es itu sendiri. Di samping itu juga karena kenaikan suhu akibat pemanasan global itu sendiri dapat menyebabkan air yang ada di lautan akan menguap, sehingga akan lebih banyak lagi salju yang dapat dihasilkan. Keadaan seperti ini terjadi terutama di daerah Antartika yang saat ini secara iklim mengalami iklim gurun, sehingga banyaknya salju yang turun akan menambah lapisan salju, dan mungkin juga dapat menggantikan salju yang mencair. Ketidakpastian semacam inilah yang menjelaskan mengapa perkiraan peningkatan permukaan air laut di akhir abad ini bervariasi dari 14 cm (hanya berbeda sedikit dari laju kenaikan jika kondisi normal) hingga 80 cm (Pearce, 2003).

Gambar 4-15. Grafik kenaikan permukaan air laut (Pearce, 2003)

Beberapa ilmuwan telah memperhitungkan bahwa permukaan laut bisa naik setinggi 3 meter mendekati Tahun 2100. Jika hal ini terjadi, beberapa sabuk pantai, termasuk kota-kota besar seperti Bangkok, Jakarta, St. Petersburg dan New Orleans, akan menghadapi banjir dahsyat. Seluruh wilayah

termasuk Florida Utara di AS, sebagian besar Belanda dan Separuh Bangladesh, akan tersapu air. Daerah tersebut merupak sepertiga dari pertanian dunia (Halley, 1999).

Kemungkinan kota-kota pantai seperti New York berada di belakang tanggul pada abad yang akan datang akan menjadi nyata. Dalam 100 tahun terakhir, rata-rata permukaan laut naik 10-25 cm. PBB meramalkan bahwa pada abad ke-21, permukaan laut akan naik empat kali lebih cepat. Arus samudra akan menyebabkan kenaikan yang jauh lebih besar di beberapa wilayah dan ombaknya yang lebih tinggi tiga atau lima meter dari yang sekarang akan mengancam pantai, bahkan tanpa bencana tambahan dengan adanya pencairan es kutub (Halley, 1999).

Para ahli dari Badan Meteorologi Inggris (Britain's Meteorological Office) menyatakan bahwa mereka percaya meskipun pemanasan yang terjadi hanya berskala sedang, keadaan itu mampu membuat sebagian besar gletser yang ada di dunia ini mencair. Hal tersebut juga menyebabkan ketidakstabilan pada lapisan es utama di daratan. Sebagai contoh meskipun di Green Land kenaikan suhu yang terjadi hanya 3°C, hal tersebut tetap dapat menyebabkan daerah tersebut mencair. Namun untuk mencair, Green Land ini membutuhkan waktu ±1000 tahun, dan dapat menaikkan permukaan laut setinggi 6 m. Dikatakan pula bahwa sekali saja puncak es mencair, maka proses pencairan tersebut akan terus berlangsung walaupun penyebab mencairnya telah lama berhenti.

Lapisan es utama di permukaan bumi yang lain, yaitu (Pearce, 2003):

1. Lapisan es Antartika Barat
   Pada lapisan Barat ini, memiliki potensi untuk menaikkan ketinggian permukaan air laut setinggi 6 m, lapisan es ini berada di kepulauan yang terendam oleh laut. Sehingga sebagian besar dari lapisan ini bagian bawahnya dilalui oleh air laut. Pada masa lampau, para ahli khawatir jika hanya dalam beberapa dekade lapisan es ini akan runtuh karena adanya air hangat disekitar lapisan es tersebut.
   Setelah berjalannya waktu, para ahli tersebut menyatakan bahwa hal tersebut tidak akan terjadi, kecuali jika suhu di samudra naik menjadi lebih dari 10°C. Namun tidak semua orang setuju dengan pendapat terbaru yang diungkapkan oleh para ahli.

2. Lapisan es Antartika Timur
   Lapisan Timur ini adalah yang terbesar dan stabil, kecuali jika suhu naik sebesar 15-20°C.

Efek pemanasan global yang lain adalah adanya kenaikan muka air laut karena pencairan es yang akan terus berlangsung sampai waktu yang tidak dapat dipastikan, pemuaian atau pemanasan samudra ini akan mengakibatkan terjadinya kenaikan permukaan laut di abad-abad mendatang. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk meningkatkan ketinggian permukaan air laut disebabkan karena pemanasan yang terjadi di permukaan laut memerlukan waktu ratusan tahun untuk mencapai dasar laut. Menurut IPCC (2001) menyebutkan bahwa meteran pengukur air laut menunjukkan adanya kenaikkan muka air laut sekitar 0,1-0,2 m selama abad 20. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Britain's Meteorological Office, menjelaskan bahwa setelah 500 tahun suhu atmosfer stabil, kenaikan permukaan air laut akibat pemuaian panas, baru mencapai ½ dari tingkat ketinggian akhirnya. Sedangkan pemanasan akibat naiknya kadar Karbon Dioksida sejak zaman pra-industrialisasi pada akhirnya akan meningkatkan permukaan air laut ± 2m dari pemuaian saja (Pearce, 2003).

Jika permukaan air laut naik, hal itu menjadi ancaman yang sangat berbahaya bagi ratusan juta manusia di seluruh dunia terutama pada masyarakat yang hidup di daerah pantai. Mulai dari delta Nil di

Mesir hingga ke pesisir Laut Baltik di Polandia serta kepulauan di Pasifik Selatan. Jika sesuai dengan estimasi tertinggi yang diutarakan oleh IPCC untuk Tahun 2100 yaitu ketika permukaan air laut naik setinggi 80 cm, hal itu akan mengakibatkan tergenangnya 2/3 dari permukaan bumi yang ada di dua gugus kepulauan Pasifik, yaitu Pulau Marshall dan Kiribati. Kepulauan lain yang juga akan mengalami hal serupa adalah kepulauan Maladewa di Samudra Hindia. Terkadang saat terjadi air pasang naik yang tinggi, maka landasan pacu pesawat terbang yang berada di Male, ibukota Maladewa juga akan terendam oleh air. Jika apa yang telah diprediksi oleh para ahli ini benar, maka akan ada lebih banyak lagi pulau-pulau yang tenggelam akibat naiknya muka air laut.

Pada daerah pantai yang memiliki risiko terbesar adalah jika daerah pantai tersebut memiliki populasi yang padat. Hampir ½ dari penduduk di dunia ini tinggal di daerah pantai. Hal ini disebabkan karena banyak perkotaan besar yang memiliki tingkat aktivitas yang tinggi berada di pantai. Sehingga menyebabkan laju pertumbuhan populasi didaerah pantai menjadi dua kali laju pertumbuhan rata-rata secara global. Pantai yang mudah rusak meliputi laguna dan rawa pantai di bagian Barat Afrika dari Senegal sampai Angola, pantai bagian Utara Amerika Selatan dari Venezuela melewati Guyana sampai Recife di Brasil, hampir semua daerah pesisir Timur Amerika Serikat dan semua pantai di Indonesia, Pakistan dan negara-negara di sekitar Laut Utara. Dari hasil penelitian yang terbaru menyatakan jika permukaan air laut naik setinggi 1 m, maka akan mengakibatkan 120.000 km^2 daratan pantai di Asia yang ditinggali oleh 44 juta manusia digenangi oleh air (Pearce, 2003).

Adapun daerah-daerah pesisir yang termasuk rawan akan dampak kenaikan muka air laut antara lain sebagai berikut (Meiviana dkk., 2004):

a. Pantai Utara Jawa, termasuk kota-kota besar seperti Jakarta, Semarang dan Surabaya. Antara Tahun 1925 -1989, kenaikan permukaan air laut telah terjadi di Jakarta (4,38 mm/tahun), Semarang (9,27 mm/tahun) dan Surabaya (5,47 mm/Tahun).
b. Pantai Timur Sumatera.
c. Pantai Selatan, Timur dan Barat Kalimantan.
d. Pantai Barat Sulawesi.
e. Daerah rawa di Irian Jaya yang terletak di pantai Barat dan Selatan.

Prediksi dari beberapa studi yang telah dilakukan adalah banyaknya volume endapan yang dibawa oleh sungai-sungai seperti Sungai Gangga akan dapat meninggikan delta sehingga dapat mencegah masuknya air laut. Akan tetapi studi ini belum dapat dipastikan, serta adanya beberapa sungai mengalami pendangkalan sehingga endapannya tidak dapat sampai ke laut. Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa pantai di Barat Shanghai sampai Tianjin sangat mudah rusak. Tianjin adalah kota yang memiliki penduduk 10 juta orang, selama lebih dari 40 tahun tenggelam hampir 3 m, hal ini terjadi karena air tanahnya disedot untuk mengisi air ledeng. Sebagian dari kota tersebut berada di bawah permukaan air laut (Pearce, 2003).

Berdasarkan penelitian diketahui bahwa permukaan air laut naik 2 mm setiap tahunnya. Jika permukaan air laut telah naik mencapai 1 m, maka daerah di Pantai Timur Amerika Serikat yang mempunyai luas 58.000 km^2 akan hilang. 80% dari daerah di Amerika Serikat yang hilang tersebut adalah Florida, Louisiana, Texas, dan California Utara. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Federal Emergency Management Agency, dijelaskan bahwa 60 tahun lagi akan ada ¼ dari jumlah total perumahan di daerah pantai Amerika. Di mana 10.000 rumah pertahun akan tenggelam dalam satu dekade mendatang (Pearce, 2003).

Daerah yang akan tenggelam paling cepat adalah daerah yang berada di pantai sekitar kutub, hal ini disebabkan karena naiknya permukaan air laut, ditambah lagi dengan mencairnya permafrost yang menyebabkan semakin rendahnya permukaan tanah, serta mencairnya es yang berada di lautan yang berfungsi melindungi pantai dari erosi gelombang laut (IPCC, 2001).

Keadaan gelombang tinggi yang menghantam pantai ini intensitasnya akan menjadi semakin tinggi dan menakutkan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh IPCC, dinyatakan bahwa pada Tahun 2080 jumlah orang yang rumahnya mengalami kebanjiran akan meningkat menjadi 200 juta orang, dari saat ini hanya beberapa juta orang saja. Di samping adanya gelombang yang tinggi, di daerah pantai di dunia ini juga banyak yang menghadapi risiko lain yaitu angin topan yang menakutkan. Selain mengenai banjir IPCC juga menyatakan bahwa risiko terbesar yang akan dihadapi manusia akibat dari adanya perubahan iklim adalah banjir dan tanah longsor, hal ini disebabkan karena meningkatnya curah hujan serta naiknya permukaan air laut.

Lambat laun badai tropis akan menjadi lebih sering datang, hal ini disebabkan karena sumber energi yang menyebabkan terjadinya badai tropis, yaitu panas jumlahnya juga semakin meningkat. Akibatnya adalah hujan akan turun dengan lebat, angin akan bertiup dengan lebih kencang, serta badai yang dahsyat akan lebih banyak muncul, sehingga akan menyebabkan kerusakan yang parah didaratan. Menurut IPCC (2001) kenaikan curah hujan sekitar 0,5-1% per dekade pada abad 20. Untuk itu kita perlu waspada terhadap angin topan yang bertiup, terjadinya tanah longsor yang disebabkan oleh banyaknya penggundulan pada lereng bukit, serta kerusakan yang dahsyat yang terjadi saat banjir besar melanda daerah perumahan, di mana salah satu penyebab banjir tersebut adalah kurang baiknya pengaturan air (Pearce, 2003).

Pemanasan global patut disalahkan sebagai penyebab bertambahnya badai hebat. Angin Topan Mitch yang menghancurkan Amerika Tengah pada Oktober 1998, menjadi 40 % lebih sering sejak Tahun 1970 yang menyebabkan banjir, serta tanah longsor yang melanda Honduras. Hal ini menyebabkan lebih dari 10.000 orang meninggal dan dua juta orang kehilangan tempat tinggalnya. Topan Mitch ini menghancurkan Honduras hanya dalam waktu beberapa jam, dengan cara mencurahkan hujan yang seharusnya dicurahkan dalam waktu setahun (Halley, 1999). Beberapa ahli meteorologi percaya Topan Mitch ini disebabkan oleh pemanasan global. Namun ada juga yang berpendapat bahwa Topan Mitch ini merupakan suatu tanda peringatan bagi semua penduduk di dunia yang mendiami lembah sungai yang mudah banjir, daerah pantai yang landai, serta lereng gundul yang mudah longsor. Kedahsyatan angin topan juga dapat merusak hutan mangrove yang berfungsi melindungi pantai landai di daerah Asia dan Afrika dari gelombang pasang. Sebagian dari hutan mangrove Sundarbans yang merupakan hutan mangrove terluas yang menutupi 6.000 km^2 tepi pantai delta Sungai Gangga di Bangladesh serta spesies-spesies langka yang hidup di dalamnya seperti harimau benggala akan lenyap jika air pasang naik setinggi 45 cm (Pearce, 2003).

Salah satu dampak yang paling berbahaya akibat dari pemanasan global adalah rusaknya evolusi yang dialami oleh makhluk hidup. Perubahan musim akibat adanya pemanasan global menyebabkan perubahan pada makhluk hidup. Banyak binatang mengadaptasi daur kehidupan mereka dengan perubahan suhu dan persediaan makanan. Beberapa binatang bermigrasi ke wilayah-wilayah lain bahkan berjarak ratusan mil untuk mencari tempat nyaman, untuk mencari makanan dan berkembang biak (Spurgeon, 2004). Hal ini disebabkan karena spesies-spesies yang sudah dapat beradaptasi dengan keadaan dalam periode waktu yang cukup lama, menjadi tidak stabil karena perubahan iklim yang jauh

lebih cepat jika dibanding dengan kemampuan alam untuk beradaptasi. Hal seperti inilah yang sangat ditakuti oleh para ahli ekologi. Sebagai contoh adalah tanaman padi di India yang merupakan salah satu kesuksesan dari revolusi hijau 50 tahun yang lalu, sekarang menjadi sulit beradaptasi akibat dari adanya pemanasan global. Di mana hal itu menyebabkan tanaman padi tersebut menjadi kekurangan air, serta diserang oleh penyakit tanaman (Pearce, 2003).

Hampir 50% hutan hujan di dunia telah hancur dan kehancuran itu masih berlangsung sampai saat ini. Penyebab-penyebab penghancuran hutan adalah semakin berkembangnya penduduk, meningkatnya kemiskinan, dan kepemilikkan tanah yang tidak sama di negara-negara yang memiliki hutan hujan. Hal ini diperburuk dengan keinginan manusia untuk mendapatkan kayu dan program-program bantuan yang diremcanakan dengan buruk (Spurgeon, 2004).

Pada hutan hujan Amazon, di mana daerah ini memiliki species tanaman dan hewan yang jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan tempat lain. Namun daerah ini akan mengalami kenaikan suhu dan musim kering yang lebih panjang setiap tahun. Keadaan yang seperti ini menyebabkan rusaknya hutan, jika hutan Amazon ini menjadi rusak, atau dikatakan hilang karena tidak lagi produktif, maka akan berdampak pula pada berkurangnya curah hujan. Dapat disimpulkan demikian karena pada daerah Amazon ini, sumber utama terbentuknya hujan untuk daerah hutan bagian dalam adalah penguapan air yang berasal dari kanopi hutan hujan, terutama yang terdapat pada daerah pantai (Pearce, 2003).

Kerusakan dari hutan akan memberikan tanda-tanda yaitu munculnya semak atau bahkan munculnya sebuah gurun di bekas hutan hujan. Berdasarkan penelitian ilmuwan Inggris yang tergabung dalam Britain's Meteorological Office menyatakan bahwa pada pertengahan abad 21 sebagian besar hutan di Amazon akan hilang. Dan diperkirakan pada akir abad ini Hutan Amazon yang merupakan hutan terbesar di dunia ini akan menjadi gurun akibat dari kekeringan yang melanda hutan tersebut. Hal ini terjadi karena semakin panasnya Brasil, yang dapat menyebabkan kebakaran hutan yang tak terpulihkan, sehingga hal ini dapat mengakibatkan hutan tersebut vegetasinya berkurang, bahkan diprediksi pada akhir abad ini sudah tidak ada lagi vegetasi. Jika seluruh hutan hujan di Amazon habis, maka akan meningkatkan suhu bumi setinggi 2°C. Namun menurut penelitian tidak hanya hutan Amazon saja yang mengalami kerusakan tetapi hutan hujan tropis lainnya juga akan mengalami hal yang sama (Pearce, 2003).

4.6 Mitigasi dan Adaptasi

Pemanasan global sudah mulai terasa dampaknya. Oleh karena itu diperlukan banyak upaya untuk mengurangi laju perubahan iklim. Upaya upaya ini tidak dapat dilakukan oleh satu pihak saja, yaitu pemerintah tapi integrasi berbagai pihak yang terkait: pemerintah dengan pihak industri dan masyarakat, baik itu dalam hal sosialisasi dan informasi agar masyarakat dapat mulai paham akan isu perubahan iklim, maupun program aksi nyata untuk memperlambat laju perubahan iklim (Meiviana dkk., 2004). Yang perlu dilakukan adalah mitigasi (pengurangan) dan adaptasi.

Pemanasan global sangat sulit untuk dihentikan. Kita hanya dapat mengurangi adanya pemanasan global, dengan cara mengurangi polusi yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil. Amerika, Australia, Asia, dan Eropa merupakan negara-negara penghasil polutan terbesar di dunia, jadi negara-negara inilah yang harus paling banyak berperan dalam mengurangi tingkat polusinya.

Untuk mengatasi pemanasan global dalam jangka pendek ini maka beberapa hal yang perlu dilakukan adalah (Pearce, 2003; Meiviana dkk., 2004):

1. Menggunakan bahan bakar ramah lingkungan seperti tenaga angin dan tenaga surya, hal ini disebabkan karena pohon, tanaman pertanian, serta limbah pertanian dapat mengggantikan batu bara atau bahkan didestilasi untuk menghasilkan etanol yang akan diolah atau langsung digunakan sebagai bahan bakar kendaraan.
2. Menanami kembali hutan dan ladang, serta lahan kosong lainnya yang punah akibat ulah manusia, hal ini perlu dilakukan dalam upaya mengatasi pemanasan global, karena dengan adanya tanaman baru akan menyerap Karbon Dioksida yang dilepaskan dari pembakaran hasil panen.
3. Penghematan penggunaan bahan bakar dan menggunakan peralatan atau mesin yang lebih hemat energi.

Namun menurut perkiraan IPCC, dalam jangka pendek ini dunia akan mengutamakan teknologi yang menghasilkan energi lebih banyak, yaitu tenaga nuklir dan tenaga air daripada energi yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Energi yang dihasilkan dari tenaga air di dapat dengan cara membendung sungai sehingga dapat menyimpan air. Air yang tersimpan dalam bendung tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin sehingga dihasilkanlah energi. Tetapi hampir semua tempat yang cocok untuk dibuat bendungan telah digunakan, dan pembuatan waduk akan mengambil banyak lahan subur dan rumah penduduk. Lambat laun lumpur akan mengendap dan air tidak lagi mengalirkan lumpur yang diperlukan untuk mempertebal daerah delta dan pantai. Jika lumpur berhenti mengalir dan mempertebal dinding pantai, maka air yang naik di permukaan laut akan membanjiri daerah yang ada di sekitar pantai. Sehingga dapat dikatakan waduk dapat berakibat buruk bagi daerah pantai.

Untuk menggantikan sumber energi bahan bakar fosil yang sangat membahayakan yang dapat memperparah pemanasan global yang sedang berlangsung, ada dua sumber energi lain, yaitu energi angin dan energi matahari. bersifat ramah lingkungan sehingga tidak membahayakan bumi ini. Keduanya menguntungkan baik di negara maju maupun berkembang. Turbin angin berputar di dataran India, di padang rumput Mongolia, juga di pantai Denmark. Panel surya berada di atap rumah pedesaan Kenya, dan Australia yang mempunyai cahaya matahari melimpah. Ini merupakan pilihan untuk memperoleh energi dari sumber daya alam yang bebas polusi (Pearce, 2003).

Penggunaan tenaga air merupakan alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk mengganti pemanfaatan dari bahan bakar fosil. Gelombang, arus, gelombang pasang, mengalir ke sungai dan air terjun. Semuanya itu berisi energi kinektik, dalam jumlah yang besar. Energi ini dapat digunakan sebagi sumber energi yang dapat diubah menjadi listrik. Meningkatnya penggunaan energi air dapat mengurangi keperluan kita dalam menggunakan sumber energi tradisional yaitu dari bahan bakar fosil (Rickard, 2001)

Penggunaan tenaga angin di dunia ini selama dekade 1990 an, mengalami peningkatan sebesar 21%. Pada akhir Tahun 2001, Denmark mempunyai turbin tenaga angin sebanyak 5600 buah, di mana jumlah tersebut mampu memenuhi 1/10 dari kebutuhan listrik di negara tersebut, dan diharapkan pada Tahun 2030 dapat meningkat hingga 50%. Di pelabuhan Kopenhagen, Denmark, terdapat ladang turbin angin terbesar di dunia, perusahaan ini juga menguasai pasar dunia turbin angin (Pearce, 2003).

Selain di Denmark, Jerman juga merupakan pemilik generator bertenaga angin terbesar di dunia, di mana Jerman mempunyai 9000 buah turbin, yang direncanakan dapat menghasilkan 1/3 tenaga angin di Eropa dalam kurun waktu 10 tahun, selain itu juga hendak berkonsentrasi pada turbin yang berada di

pantai. Urutan kedua setelah Jerman, sebagai negara pemilik generator bertenaga angin terbesar di dunia adalah Spanyol. Inggris pun turut berperan serta dalam penggunaan tenaga angin, negara ini mengumumkan rencana pembangunan 18 ladang angin di sepanjang pantai, yang merupakan bagian dari rencana penggunaan 1/10 tenaga yang berasal dari sumber yang dapat diperbarui pada Tahun 2010 (Pearce, 2003).

Sedangkan penggunaan tenaga surya sebagai pengganti bahan bakar fosil berkembang lebih cepat jika dibandingkan dengan penggunaan tenaga angin, yaitu sebesar 30% setiap tahun, selama dekade 1990an. Photovoltaic atau panel surya, menggunakan semikonduktor yang sensitif terhadap cahaya untuk menghasilkan listrik. Panel surya ini dapat menghasilkan energi untuk tiap gedung atau dapat dikumpulkan dan disalurkan untuk mensuplai jaringan listrik. Salah satu perusahaan di Inggris akan melengkapi rumah-rumah dengan panel di atap untuk menangkap energi matahari pada hari yang panas. Bangunan masa depan akan mempunyai dinding yang terbuat dari panel surya (Pearce, 2003).

Perusahaan besar lain yang memberikan persaingan ketat bagi Shell Renewables adalah British Petroleum (BP). Perusahaan BP ini menguasai ¼ dari bisnis tenaga surya di dunia, dan pada Tahun 2001 perusahaan ini berhasil mengungguli Shell Renewables dalam proyek energi surya yang besar di Filipina. Di pedalaman yang tak terjangkau jaringan listrik pemerintah, 400.000 penduduk akan segera dapat menikmati siaran TV dari panel surya. Hal ini sangat mengagumkan, akan tetapi penggunaan tenaga surya dan tenaga angin masih sangat kecil, walaupun kapasitasnya dapat ditingkatkan 10 kali lipat dalam waktu 20 tahun mendatang, namun energi tersebut hanya dapat memberikan kontribusi sebesar 2% dari kebutuhan energi dunia (Pearce, 2003).

Selain penggantian sumber energi yang ramah lingkungan, adalah usaha pengurangan emisi. Sektor tercepat yang meningkatkan jumlah emisi Karbon Dioksida adalah sektor transportasi. Emisi dari semua jenis kendaraan naik 2,5 persen per tahun di seluruh dunia, dan 7 persen di Asia di mana kepemilikan kendaraan tumbuh pesat. Sementara itu, Amerika, yang memiliki 4 persen populasi dunia, mengkonsumsi 43 persen konsumsi bahan bakar dunia (Pearce, 2003).

Menurut Arsitek Richard Rogers dalam Pearce (2003), untuk mengurangi emisi kendaraan, maka kita perlu mendesain ulang tata kota. Oleh karena itu Richard Rogers membuat skema untuk perkembangan daerah perkotaan yang padat, dengan mengembangkan sistem transit yang terpusat pada satu titik. Dalam hal penggunaan bahan bakar, alat transportasi massal atau kendaraan umum sudah dapat dipastikan lebih hemat dibandingkan kendaraan bermotor pribadi. Ini dikarenakan alat transportasi massal dapat mengangkut lebih banyak orang yang melakukan perjalanan searah dengan jumlah bahan bakar yang sama dengan yang digunakan kendaraan pribadi. Dengan terciptanya sistem transportasi massal yang terpercaya, maka diharapkan akan terjadi perubahan pola penggunaan alat transport, dari penggunaan kendaraan pribadi ke alat transportasi massal, seperti bis, kereta dan mikrolet. Jika hal ini terwujud, maka akan terjadi penghematan bahan bakar secara signifikan yang berarti akan menurunkan emisi gas rumah kaca secara nyata. Untuk mendukung kebijakan di atas, pemerintah harus menggalakkan pemanfaatan sistem transportasi tidak bermotor. Hal ini harus dimulai dengan memperbaiki ataupun menyediakan infrastruktur untuk berjalan kaki atau bersepeda (Meiviana dkk., 2004).

Bahan bakar pengganti bahan bakar fosil adalah Hidrogen. Di samping harganya yang relatif hampir sama dengan bahan bakar fosil, bahan bakar ini juga dikenal ramah terhadap lingkungan karena bahan bakar Hidrogen ini tidak menghasilkan polusi, sehingga bahan bakar ini tidak merusak bumi. Bahan

bakar Hidrogen ini merupakan bahan bakar yang tidak akan habis, karena cara pembuatannya hanya dari air, kemudian dibakar seperti bensin. Yang membuat bahan bakar ini mempunyai nilai ekonomis selain dari segi pembakaran adalah bahwa pada bahan bakar ini terdapat sel Hidrogen yang dapat dipindahkan, sehingga bahan bakar ini merupakan medium yang baik untuk menyimpan energi. Akan tetapi untuk mendapatkan Hidrogen ini diperlukan banyak energi. Jika energi yang digunakan berasal dari bahan bakar fosil, maka keuntrungan yang didapat akan minimal, sehingga harus ada sumber energi yang diperbaharui (Pearce, 2003).

Produk lain dari bahan bakar Hidrogen adalah sel bahan bakar Hidrogen sama seperti baterai biasa, mempunyai dua elektroda (satu positif dan satu negatif) di dalam elektrolit (cairan yang menghantarkan listrik) seperti dapat dilihat gambar di bawah ini. Hidrogen dimasukkan ke dalam satu sisi dari sel (anoda) dan oksigen pada sisi lain (katoda). Reaksi kimia terjadi, memecah setiap atom Hidrogen menjadi dua. Elektron bermuatan negatif melewati sirkuit sehingga membuat bohlam menyala. Proton lainnya melewati membran menuju elektron di katoda dan kemudian bergabung dengan oksigen membentuk air (Pearce, 2003).

Selain upaya-upaya di atas dapat juga dilakukan dengan menangkap emisi gas merupakan salah satu cara untuk mengurangi emisi Karbon Dioksida adalah, cara ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan penangkap Karbon alami seperti hutan. Hutan merupakan tempat penyimpanan Karbon alami yang utama di permukaan bumi. Upaya yang dapat dilakukan misalnya dengan pembaharuan kepemilikan tanah di negara-negara berhutan hujan untuk menanggulangi penebangan pohon pada hutan hujan, mengatur penggembalaan dan penebangan di wilayah hutan hujan dengan mengurangi permintaan negara kaya akan daging dan kayu-kayu tropis, penerapan metode berkelanjutan untuk menggunakan sumber-sumber hutan misalnya dengan metode yang bekerja seiring daur alam sehingga bisa berlangsung terus-menerus, sebagai contoh adalah penyadapan karet (Spurgeon, 2004).

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh IPCC, dinyatakan bahwa pada pertengahan Abad 21, proyek pengurangan Karbon dapat menyerap lebih dari 100 miliar ton atau sekitar 10-20 % emisi bahan bakar fosil yang dibakar pada periode tersebut. Proyek pengurangan Karbon perlu dikontrol, hal ini disebabkan karena persediaan Karbon yang ada di dalam tanah mulai menipis. Sedangkan perhitungan jumlah Karbon di dalam hutan sulit untuk dilakukan, hal ini disebabkan karena sebagian besar Karbon terikat di dalam.

Jika tanah yang digunakan untuk menanam pohon adalah tanah yang basah dan subur kemudian menjadi kering, maka menanam pohon dapat menyebabkan Karbon yang ada di tanah terlepas. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Badan Meteorologi Inggris, dinyatakan bahwa dengan adanya hutan-hutan yang memiliki pohon-pohon yang subur, maka hal ini dapat mengurangi atau menghentikan terjadinya pemanasan global. Tanaman yang tumbuh di tanah bersalju menyebabkan tumbuhan yang berwarna putih akan memantulkan radiasi matahari ke udara, menjadi kanopi hutan hutan yang gelap yang menyerap panas. sedangkan di daerah Kanada dan Siberia, efek dari pemanasan akan lebih besar dari efek pendinginan akibat penyerapan Karbon oleh tumbuhan. Kebakaran hutan di masa mendatang akan menjadi semakin sering terjadi, hal ini disebabkan karena menyusutnya hutan (Pearce, 2003).

Penelitian yang dilakukan diperkirakan bahwa hasil emisi selama 15 tahun yang berasal dari pembakaran fosil, akan diikat oleh tanah dalam 50 tahun mendatang. Di mana cara yang dilakukan adalah

dengan memperbaiki tanah yang terdegradasi, mengurangi terjadinya erosi, serta menemukan cara baru dalam bercocok tanam, di mana cara tersebut harus dilakukan tanpa pembajakan tanah (Pearce, 2003).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli dinyatakan bahwa sejumlah gas Karbon yang berada diudara dapat diserap oleh lautan sebagai makanan bagi plankton yang ada dilautan. Hal ini mereka simpulkan berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan melihat apa yang terjadi di masa lalu, sehingga mereka memperbanyak jumlah plankton yang ada di laut. Cara memperbanyak jumlah plankton yang ada di laut dengan cara menambahkan jumlah besi. Penambahan jumlah besi ini telah dilakukan oleh tim ahli internasional, mereka menambahkan besi tersebut di lautan sebelah Selatan Selandia Baru. Sebanyak 8 ton logam telah disebarkan pada area sepanjang 8 Km, hasil yang diperoleh adalah populasi dari plankton meningkat hingga 6 kali lipat dan tersebar dalam wilayah yang luas, hanya dalam waktu beberapa minggu saja (Pearce, 2003).

Proses penyerapan Karbonnya adalah sebagai berikut plankton menyerap Karbon Dioksida yang terkandung di dalam air, kemudian laut yang kehilangan Karbon Dioksida, menyerap gas Karbon Dioksida yang ada di udara untuk menggantikan Karbon Dioksida yang hilang karena diserap oleh plankton. Sehingga hasil yang diperoleh adalah kadar CO_2 yang terdapat di udara menjadi berkurang. Akibat dari penelitian ini, agar lebih efektif, maka perlakuan ini harus dilakukan secara terus menerus, dan dalam jangka waktu tertentu secara teratur (Pearce, 2003).

Sedangkan cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan menimbun Karbon cair tersebut ke dalam tanah yaitu di tanah yang berpori seperti tanah kapur dan batu gamping. Akan tetapi, dewasa ini cara yang terbaik yang dapat dilakukan adalah memasukkan cairan Karbon tersebut ke dalam tempat sumber minyak yang sudah habis. Cara ini dilakukan karena perusahaan penghasil minyak tersebut menyemprotkan air untuk mengeluarkan sisa minyak, sehingga digunakanlah Karbon cair tersebut. Sebagai contoh, ladang minyak dan gas yang ada di Laut Utara dapat menampung 4.750 juta ton Karbon, di mana jumlah tersebut cukup untuk menyimpan gas buang di Inggris selama 30 tahun. Penggunaan anjungan minyak dapat digunakan untuk memompa Karbon cair ke tempat yang lebih dalam. Hal ini telah dicoba di Laut Utara di wilayah Norwegia. Salah satu perusahaan minyak negara Norwegia, yaitu Statoil, mengurangi Karbon Dioksida yang berasal dari anjungan ladang gas Sleipner. Untuk selanjutnya Karbon Dioksida yang dihasilkan dimampatkan dan dipompa ke dalam pori-pori batuan didasar lautan untuk mengisi ruang kosong yang ada setelah gasnya diambil (Pearce, 2003).

Beberapa usaha yang dapat dilakukan untuk penyelesaian krisis lingkungan adalah (Spurgeon, 2004):

- Reforestasi
- Pertanian organik dan ladang kecil
- Pembaharuan kepemilikan tanah di daerah hutan
- Pengurangan bahan kayu
- Penggunaan sumber-sumber hutan berkelanjutan
- Penyaringan pencemaran
- Teknik pengairan yang tepat
- Peningkatan pembuatan taman satwa liar
- Larangan produksi dan penggunaan *Chlorofluorocarbon* (untuk menghambat penipisan ozon)
- Peningkatan sumber-sumber energi terbarukan dan berkelanjutan
- Peningkatan daur ulang

BAB 5 RUANG DARAT

5.1 Ruang Siklus Hidrologi Di Darat

5.1.1 Umum

Pengertian ruang siklus hidrologi di darat dapat dilihat dalam Gambar-Gambar 1-1, 1-2, 1-13 s/d 1-15. Ruang ini juga merupakan domain ruang di mana manusia hidup dan beraktifitas. Siklus hidrologi dalam ruang ini meliputi:

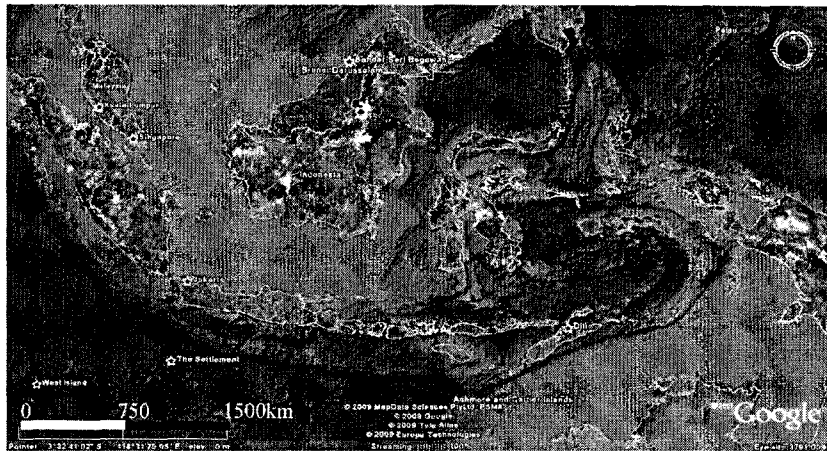
- Penguapan/evaporasi yang terjadi pada sungai, danau, rawa, tambak, embung, situ-situ, waduk, dll.
- Evapotranspirasi
- Air hujan di tanaman
- Aliran permukaan (*run-off*)
- Lokasi peristiwa banjir/genangan
- Wilayah Sungai (WS)
- Daerah Aliran Sungai (DAS)
- Sistem jaringan sungai
- Muara sungai (estuari)
- Cekungan Air Tanah (CAT)
- Kejadian transpirasi
- Kejadian kapiler
- Infiltrasi
- Aliran antara
- Aliran dasar
- Aliran *run-out*
- Perkolasi
- Sistem infrastruktur keairan (Lihat Gambar 1-15b).

5.1.2 Gambaran Umum Indonesia

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia yang mempunyai 17508 pulau besar dan kecil dan 6000 diantaranya tidak berpenghuni. Wilayah Indonesia terbentang antara 6° Garis Lintang Utara sampai 11° 08' Garis Lintang Selatan sepanjang 1.760 km, dan dari 95° sampai 141°45'Garis Bujur Timur serta terletak antara dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia/Oceania. Posisi ini mempunyai pengaruh yang sangat strategis terhadap kebudayaan, sosial, politik, dan ekonomi bahkan keamanan Indonesia. Wilayah Indonesia terbentang sepanjang 6400 km antara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik.
Luas (km^2): daratan: 1.922.570 (37.1 %), perairan: 3.257.483 (62.9%) total: 5,180,053 (100 %)

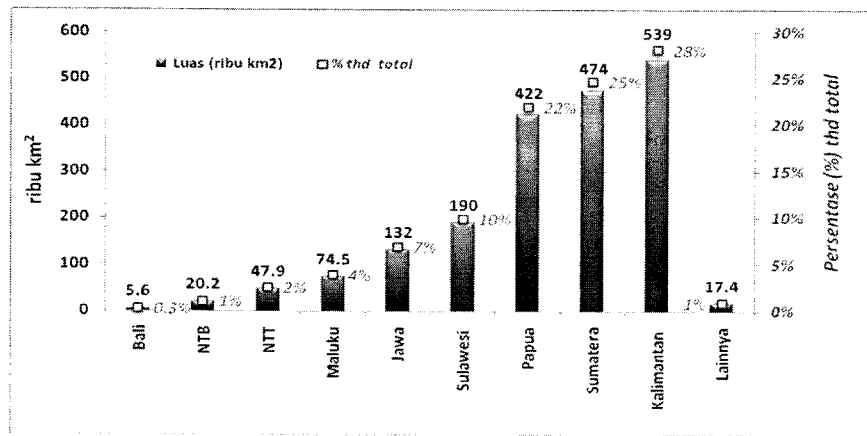
Panjang garis pantainya kurang lebih 81.000 km dan merupakan garis pantai terpanjang kedua setelah Kanada (http://www.ri.go.id; http://en.wikipedia.org/ wiki/Indonesia; Indonesia National Development Information Office, 1994; McNally, 1992). Data terakhir panjang pantai 95.181 km dan terpanjang ke empat setelah Kanada (263.523 km), Amerika Serikat (133.312 km) dan Federasi Rusia (110.310 km) (Menteri Kelautan & Perikanan, 2009). Gambar 5-1 menunjukkan letak Indonesia.

Batas wilayah Indonesia searah penjuru mata angin, yaitu: (http://en.wikipedia.org/wiki/Indonesia):

- Utara : Negara Malaysia, Singapura, Filipina, dan Laut Cina Selatan
- Selatan : Negara Australia, Timor Leste, dan Samudra Hindia
- Barat : Samudera Hindia
- Timur : Negara Papua Nugini, Timor Leste, dan Samudra Pasifik

Gambar 5-1. Peta Indonesia (Google Earth, February 2009)

Sekilas gambaran Indonesia ditunjukkan dalam Tabel 5-1 dan luas beberapa pulau besar di Indonesia ditunjukkan Gambar 5-2.

Tabel 5-1. Gambaran Indonesia (http://www.ri.go.id/; http://en.wikipedia.org/wiki/ Indonesia; Dit. Rawa & Pantai, 2006; Permen PU No 11 A, 2006; PusLitBang Geologi, 2009)

No	Deskripsi	Jumlah	Luas jt ha	% thd Total	% thd daratan	No	Nama Pulau	Luas Jt ha	% Total Indonesia	Jumlah CAT
1	Indonesia		518.0	100.0%		18	Kalimantan	53.9	10%	22
2	Daratan		192.3	37.1%	100%	19	Sumatera	47.4	9%	65
3	Perairan		326	63.0%	170%	20	Papua	42.2	8%	40
4.	a.Luas Rawa		33.4	6.0%	16%	21	Sulawesi	19	4%	91
	b.Luas Potensi Rawa		10.87	2.0%	5%	22	Jawa	13.2	3%	80
5	Hutan		120.6	23.0%	62%	23	Maluku	7.45	1.40%	68
6	WS	133	192.3	37.1%	100%	24	NTT	4.79	0.90%	38
7	DAS	5590	192.3	37.1%	100%	25	NTB	2.02	0.40%	9
8	CAT	421	91.0	18.0%	49%	26	Bali	0.56	0.10%	8
9	Bukan/Non CAT	-	101.0	19%	51%	27	Total Pulau2 besar	190.5	37%	421
10	Kab adm	1				28	Pulau2 lainnya	1.74	0.30%	
11	Kota	92				29	Total Pulau=daratan	192.3	37,1%	
12	Kota adm	5				30	Jumlah Pulau	17508		
13	Kab/kota	98				31	Panjang garis pantai	Semula: 81.000 km, terpanjang II		
14	Kecamatan	5681						kini: 95.181 km, terpanjang IV		
15	Kab	400				38	Total Gunung Api	> 400		
16	Provinsi	33				39	Gunung Api Aktif	100		
17	Prov status khusus	5	NAD,DKI,DIY, Papua, Papua Barat							

Gambar 5-2. Luas pulau dan prosentase terhadap total (http://www.ri.go.id/)

Pulau-pulau terbentuk sepanjang garis yang berpengaruh kuat antara perubahan Lempeng2 Tektonik Australia, Pasifik, Eurasia dan Philipina.

1. Lempeng Hindia–Australia bergerak ke Utara dengan kecepatan 5 sampai 7 cm/thn, terdiri atas Samudra Hindia & hanya ada pulau-pulau kecil di sana.
2. Lempeng Pasifik bergerak ke Barat dengan kecepatan 10 cm/thn, terdapat Pulau2 Maluku, Sulawesi, dan Irian.
3. Lempeng Eurasia bergerak ke arah Timur-Tenggara dengan kecepatan 0 sampai 3 cm/thn, terdapat Pulau2 Jawa, Kalimantan dan Sumatera.
4. Lempeng Philipina bergerak ke arah Barat.

Pertemuan lempeng ini membuat Indonesia sebagai salah satu negara yang paling banyak berubah wilayah geologinya di dunia (http://www.ri.go.id/; http://en.wikipedia.org/wiki/Indonesia; Departemen Energi & Sumber Daya Mineral, 2004; USGS dalam Loui, 2001; Dewey, 1972 dalam Keller, 1979).

Lokasi Indonesia terletak di lempeng tektonik atau juga masuk dalam wilayah cincin api (*ring of fire*), yang berarti Indonesia rawan terkena gempa bumi dan dapat menimbulkan tsunami. *Ring of fire* ini yang menjelaskan adanya hubungan dari aktifitas gunung api yang menjajar dari Indonesia sampai Jepang, menyambung dari Alaska melalui bagian Barat AS sampai Amerika Selatan. *Ring of fire* ini juga disebut sebagai lingkaran magma yang besar dan hebatnya Indonesia adalah puncak dari lingkaran magma tersebut (Billups, 2003). Seorang pakar geologi menyatakan bahwa kita hidup di atas api, yang harus selalu waspada dan menjadikan bencana (akibat adanya *ring of fire*/lingkaran magma tersebut) sebagai bagian dari hidup kita (Dirmawan, 2009).

Konsekuensinya, Indonesia memiliki banyak gunung berapi. Pegunungan-pegunungan yang berada di pulau-pulau Indonesia terdiri lebih dari 400 gunung berapi, di mana 100 diantaranya masih aktif. Tercatat dalam sejarah bahwa ada 2 gunung yang termasuk dalam deretan gunung api dengan letusan terbesar di dunia, yaitu: G. Tambora meletus Tahun 1815 dan Krakatau meletus Tahun 1883 (Google Earth; Malam, 2005) dan bekas G. Toba (sekarang Danau Toba) yang meletus kira-kira 67500 sampai

75500 tahun yang lalu dengan perkiraan *Volcanic Explosivity Index* of 8 (disebut *mega-colossal*) yang tercatat (kemungkinan) sebagai letusan terbesar dalam periode 25 juta tahun lalu (wikipedia, 2009).

Indonesia mengalami tiga kali getaran dalam sehari, gempa bumi sedikitnya satu kali dalam sehari dan sedikitnya satu kali letusan gunung berapi dalam setahun. Selama ini gunung berapi telah membunuh 160.000 orang Indonesia dan merupakan jumlah korban 2 kali lebih banyak dari negara lain di dunia ini (http://www.ri.go.id/; http://en.wikipedia. org/wiki/Indonesia; Billups, 2003).

Secara administratif, Indonesia terdiri atas 33 prov., 400 kab., 92 kota, 1 kab. adm, & 5 kota adm. & 5681 kec. Lima provinsi memiliki status khusus atau istimewa, yaitu: NAD, DKI, Papua, Papua Barat & DIY (http://www. ri.go.id/id/index.php; http://id.wikipedia.org/wiki/Daftar kabupaten dan_kota_ Indonesia; http://id.wikipedia.org/wiki/Kategori: Kecamatan_di Indonesia).

5.2 Batas Teknis dan Adiministrasi

5.2.1 Batas Teknis Hidrologi: Wilayah Sungai (WS), Daerah Aliran Sungai (DAS) Dan Cekungan Air Tanah (CAT)

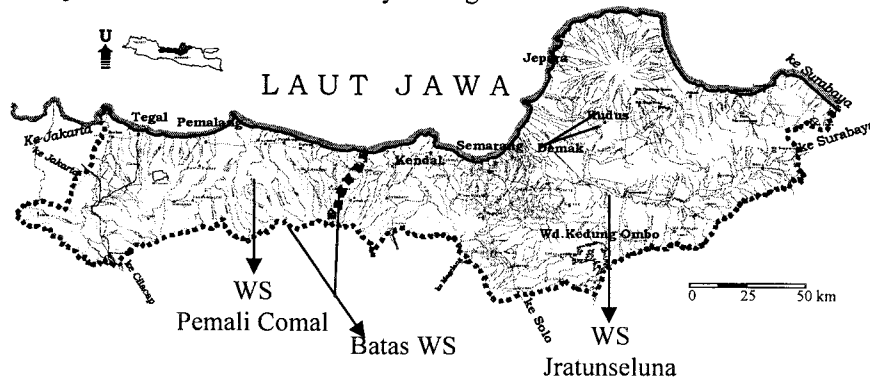
Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air, ada tiga wilayah/daerah teknis atau hidrologis yaitu: cekungan air tanah (CAT), daerah aliran sungai (DAS) dan wilayah sungai (WS). Secara jelas diketahui bahwa CAT, DAS dan WS terdefinisi oleh kondisi alam (*water divide* atau divortium *aquarum*). Di dalamnya meliputi air, udara, dan sumber daya alam (*natural resources*) yang memproduksi interaksi dengan dan diantara sumber daya alam yang lainnya terutama tanah (*land*), tumbuh-tumbuhan (*flora*) dan binatang (*fauna*) (Cano, 1985 dengan elaborasi). Masing-masing didefinisikan sebagai berikut.

- CAT adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung (UU No 7 Tahun 2004).
- DAS: beberapa definisinya antara lain:
  - Suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak2 sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan & mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis & batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (UU No 7/2004).
  - Suatu kesatuan daerah/wilayah/kawasan tata air yang terbentuk secara alamiah di mana air tertangkap (berasal dari curah hujan) dan akan mengalir dari daerah/wilayah/kawasan tersebut menuju ke anak sungai dan sungai yang bersangkutan. Disebut juga Daerah Pengaliran Sungai (DPS) atau Daerah Tangkapan Air (DTA): Dalam bahasa Inggris ada beberapa macam istilah yaitu *Catchment Area*, *Watershed*, (Kodoatie & Sugiyanto, 2002).
  - Suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, di mana semua air hujan yang jatuh ke daerah ini akan mengalir melalui sungai dan anak sungai yang bersangkutan.
  - Suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa, sehingga merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang melalui daerah tersebut dalam fungsinya untuk menampung air yang berasal dari air hujan dan sumber-sumber air lainnya yang penyimpanannya serta pengalirannya dihimpun dan ditata berdasarkan hukum-hukum alam sekelilingnya demi keseimbangan daerah tersebut; daerah sekitar sungai, meliputi punggung bukit

atau gunung yang merupakan tempat sumber air & semua curahan air hujan yang mengalir ke sungai, sampai daerah dataran dan muara sungai (Ditjen Tata Ruang & Pengembangan Wilayah, 2002).

- WS adalah kesatuan wilayah Pengelolaan SDA dalam satu atau lebih DAS dan/atau pulau2 kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km^2 (UU No 7 Tahun 2004). Satu wilayah sungai terdiri atas beberapa DAS.

5.2.2 Wilayah Sungai (WS)

Sebagai Dasar Pengelolaan Sumber Daya Air baik air permukaan dan air tanah. Berikut ini dalam Gambar 5-3 ditunjukkan salah satu contoh wilayah sungai.

Gambar 5-3. WS Pemali Comal dan WS Jratunseluna di Jawa Tengah (PIPWS Jratunseluna, 2001)

Untuk pengelolaan sumber daya air, Indonesia dibagi menjadi banyak wilayah sungai. Berdasar Peraturan Menteri PU Nomor:39/PRT/1989, Indonesia dibagi menjadi 90 Satuan Wilayah Sungai (SWS). Berdasarkan Peraturan Menteri PU Nomor: 11 A/PRT/M/2006 ada perubahan yaitu yang semula ada 90 Satuan Wilayah Sungai (SWS) menjadi 133 Wilayah Sungai (WS) yang meliputi lebih dari 5.590 DAS (PerMen PU 2006; Direktorat Sungai, 1994), baik berskala besar maupun kecil, yang tersebar dari Sabang sampai Merauke. WS skala besar terdapat di Pulau-Pulau Papua, Sulawesi, Kalimantan dan Sumatra. Pembagian WS ditunjukkan dalam Tabel 5-2.

Tabel 5-2. Wilayah Sungai dan wewenang

Wilayah Sungai	Jumlah	Total	Wewenang
a. lintas negara	5	69	Pemerintah
b. lintas provinsi	27		Pemerintah
c. strategis nasional	37		Pemerintah
d. lintas kabupaten/kota	51	51	Pem Provinsi
e. dalam satu kabupaten/kota.	13	13	Pem Kab/Kota
Total	133		

Nama WS, Provinsi dan nama DAS ditunjukkan dalam Tabel-Tabel 5-3 a sampai e.

Tabel 5-3. WS, Provinsi dan DAS (PerMen PU No.: 11 A/PRT/M/2006)

a. WS Lintas Negara (5) Wewenang dan Tanggung Jawab Pemerintah)

No.	No.	Kode WS	Nama Wilayah Sungai	Provinsi	Nama - Nama Daerah Aliran Sungai (DAS)
1	1	A1-1	Benanain	NTT - *Timor Leste*	Benanain; Mena
2	2	A1-2	Noel Mina	NTT - *Timor Leste*	Noel Mina; N.Termanu; Nungkurus; (P.Rote); (P.Sabu)
3	3	A1-3	Sesayap	Kaltim - *Serawak; Malaysia*	Sesayap; Sebakung; Sebakis; Sebuku; Sembaleun; Simenggaris; Noteh; Sinualan; Itai; Sekata; Linuang Kayan; Ansam; Belayau
4	4	A1-4	Mamberamo - Tami - Apauvar	Papua - *Papua Nugini*	Mamberamo; Gesa; Bigabu; Sobger; Tariku; Nawa; Taritatu; Van Dalen; Tami; Apauvar; Verkume; Tor; Biri; Wiru; Sermo; Grime; Sentani
5	5	A1-5	Einlanden - Digul - Bikuma	Papua - *Papua Nugini*	Einlanden; Digul; Maro; Kumbe; Bulaka; Bian; Dolak; Digul; Cemara

b. WS Lintas Provinsi (27) (Wewenang dan Tanggung Jawab Pemerintah)

No.	No.	Kode WS	Nama Wilayah Sungai	Provinsi	Nama - Nama Daerah Aliran Sungai (DAS)
6	1	A2-1	Alas - Singkil	N A D -Sum Utara	Lae Pardomuan; Lae Silabuhan; Lae Siragian; Lae Singkil; L.Kuala Baru
7	2	A2-2	Batang Natal - Btg.Batahan	Sumut - Sumbar	Btg. Batahan; Btg. Natal
8	3	A2-3	Rokan	Riau - Sumbar Sumatera Utara	Rokan; Bangko; Rokan Kiri; Rokan Kanan; Kubu; Sumpur; Sontang; Asik; Air Pesut; Sibinail; Pagang; Pincuran Panjang;Timbawan
9za	4	A2-4	Kampar	Riau - SumateraBarat	Kampar; Kampar Kiri; Kampar Kanan; Bt.Kapur; Bt.Mahat;
10	5	A2-5	Indragiri	Riau - Sumatera Barat	Kuantan; Indragiri;Gaung Anak Serka; Guntung; Pateman; Palangki; Ombilin; Sinamar
11	6	A2-6	Batanghari	Jambi - Sum Barat	Btg.Hari; Tungkal; Bentaro; Mandahara; Lagan; Air Hutan; Jujuhan; Siat; Timpeh; Kuko; Pangean; Momong; Sipotar; Sangir; Talantam; Bangko; Gumanti; Pinti Kayu;Pkl.Duri Besar
12	7	A2-7	Musi	Sumsel-Bengkulu-Lampung	Musi; Lakitan; Kelingi; Rawas; Semangus; Batang Hari Leko;
13	8	A2-8	Mesuji - Tulang Bawang	Lampung - Sumsel	Mesuji; Tlg. Bawang; Tjg. Pasir; Randam Bsr; Sibur Besar; Tawar; Bati Dalam Kecil; Randam Besar; Meham Kecil
14	9	A2-9	Teramang-Ipuh	Bengkulu-Jambi	Teramang; Ipuh; Retak; Buluh; Selagan; Bantal; Dikit; Manjuto
15	10	A2-10	Nasal - Padang Guci	Bengkulu - Lampung	Air Nasal; Air Sambat; Air Tetap; Air Luas; Air Kinal; Air Padang Guci; Air Sulau; Air Kedurang; Air Bengkenang; Air Manna
16	11	A2-11	Kepulauan Seribu	DKI Jakarta - Banten	(Kepulauan Seribu)
17	12	A2-12	Cidanau-Ciujung-Cidurian-Cisadane-Ciliwung-Citarum	Banten-DKI Jakarta-Jabar	Cisadane; Ciliwung; Citarum; Cidanau; Ciujung;Cidurian
18	13	A2-13	Citanduy	Jawa Barat - Jawa Tengah	Citanduy, Cibeureum; Cimeneng; Kadalmeteng; Ciputra Pinggan; Sapuregel; Kawungaten; Cikonde; Cikembulan; Cihaur

19	14	A2-14	Cimanuk - Cisanggarung	Jawa Barat - Jawa Tengah	Cimanuk; Cisanggarung; Cipanas; Ciwaringin; Cikondang; Kasuncang; Babakan; Kabuyutan; Kluwut
20	15	A2-15	Progo - Opak - Serang	DI Yogya - Jateng	Progo; Opak; Serang; Tangsi; Elo; Oyo
21	16	A2-16	Bengawan Solo	Jawa Timur - Jawa Tengah	Keduwang; Jurang Gempal; B. Solo/ Jurug Solo; Grindulu; Lorong; La-mong; K. Gondang; K. Sragen; Semawon; Wungu; Semawun; Geneng; Sondang
22	17	A2-17	Jelai-Kendawangan	Kalteng - Kalbar	Jelai; Kendawangan
23	18	A2-18	Barito - Kapuas	Kalimantn Selatan - Kalimantan Tengah	Barito; Kapuas; Murung, Martapura; Riam Kanan; Riam Kiwa; Negara; Ambawang; Kubu; Landak;Tapin
24	19	A2-19	Dumoga - Sangkup	Sulawesi Utara - Gorontalo	Dumoga; Sangkup; Buyat; Lomboit; Andagile; Bulawa; Tuliawa
25	20	A2-20	Limboto-Bulango-Bone	Gorontalo - Sulawesi Utara	Limboto; Bulango; Bone
26	21	A2-21	Randangan	Gorontalo-Sulawe Tengah	Randangan;
27	22	A2-22	Palu - Lariang	Sulteng - Sulsel - Sulbar	Palu; Lariang; Watutela; Pasangkayu; Mesangka; Surumba; Sibayu; Tambu
28	23	A2-23	Kaluku - Karama	Sulbar - Sulsel	Kaluku; Karama; Babbalalang; Malunda; Mandar
29	24	A2-24	Pompengan - Larona	Sulsel - Sultra	Pompengan; Larona; Kalaena; Latuppa; Bua; Lamasi; Makawa; Bungadidi; Kebo; Rongkong; Balease
30	25	A2-25	Sadang	Sulsel - Sulbar	Sadang; Mamasa; Rapang; Libukasi; Galang-galang; Lissu; Barru; Lakepo; Lampoko; Kariango; Pangkajene; Bone- bone; Segeri; Karajae; Malipi;
31	26	A2-26	Lasolo - Sampara	Sul.Tenggara-Sulsel-Sulteng	Lasolo; Sampara; Lalindu; Aopa; Ti-nobu; Luhumbuti; Landawe; Amesiu
32	27	A2-27	Omba	Papua - Irian Jaya Barat	Omba; Lengguru; Madefa; Bedidi; Bomberai

c. WS Strategis Nasional (37) (Wewenang dan Tanggung Jawab Pemerintah)

No.	No.	Kode WS	Nama Wilayah Sungai	Provinsi	Nama – Nama Daerah Aliran Sungai (DAS)
33	1	A3-1	Meureudu - Baro	N.A.D.	Meureudu; Baro; Tiro; Pante Raja; Utue; Putu; Trienggadeng; Pangwa; Beuracan; Batee
34	2	A3-2	Jambo Aye	N.A.D.	Jambo Aye; Geuruntang; Reungget; Lueng; Simpang Ulim; Malehan; Julok Rayeu; Keumuning; Gading; Idi Rayeuk; Lancang; Jeungki; Peundawa Rayeuk; Peureulak; Peundawa Puntong; Leugo Rayeuk;
35	3	A3-3	Woyla - Seunagan	N.A.D.	Woyla; Seunagan;
36	4	A3-4	Tripa - Bateue	N.A.D.	Tripa; Bateue;
37	5	A3-5	Belawan - Ular - Padang	Sumatera Utara	Belawan; Ular; Deli; Belumai; Padang;
					Martebing; Kenang; Serdang; Percut; Bedagai; Belutu
38	6	A3-6	Toba-Asahan	Sumatera Utara	Danau Toba; Sei Asahan; Silau; Tanjung; Suka
39	7	A3-7	Batang Angkola-Batang Gadis	Sumatera Utara	Batang Angkola; Batang Gadis
40	8	A3-8	Siak	Riau	Siak; Siak Kecil; Bukit Batu; Palen-tung; Tapung Kanan; Tapung Kiri; Masigit; Bulu Kala; Mandau; Dumai
41	9	A3-9	Reteh	Riau	Reteh; Gangsal
42	10	A3-10	Pulau Batam - Pulau Bintan	Kepulauan Riau	(Pulau Batam; Pulau Bintan)
43	11	A3-11	Anai-Kuranji-Arau-Mangau-Antokan	Sumatera Barat	Anai; Kuranji; Arau; Mangau; Antokan; Air Dingin; Tapakis; Ulakan; Andaman; Pariaman; Manggung; Naras; Limau;

					Kamumuan; Paingan; Tiku; Bungus
44	12	A3-12	Sugihan	Sumatera Selatan	Burung; Gaja Mati; Pelimbangan; Beberi; Olok; Daras; Medang; Padang
45	13	A3-13	Banyuasin	Sumatera Selatan	Banyuasin; Senda; Limau; Ibul; Puntian; Pangkalan Balai; Buluain; Kepayang; Mangsang; Kedawang; Titikan; Mendes; Tungkal; Keluang; Lalan; Supat; Lilin
46	14	A3-14	Way Seputih-Way Sekampung	Lampung	Seputih; Sekampung; Wako; Kambas; Penet; Kuripan; Sabu; Sukamaju
47	15	A3-15	Pemali - Comal	Jawa Tengah	Pemali; Pemali Notog; Comal;Cacaban; Waluh; Sengkarang; Sambong; Sragi
48	16	A3-16	Jratunseluna	Jawa Tengah	Jragung, Tuntang; Serang; Lusi; Juwana; Bodri; Anyar; Klampok; Semarang; Garang; Randugunting
49	17	A3-17	Serayu - Bogowonto	Jawa Tengah	Serayu; Bogowonto; Bengawan; Ijo; Luk Ulo; Cokroyasan; Sempor; Padegolan; Tipar; Wawar; Telomoyo; Watugemulung; Pasir; Tuk; Yasa; Srati; Donan
50	18	A3-18	Brantas	Jawa Timur	Brantas; Santun; Punyu; Bango; Putih; Widas; Konto
51	19	A3-19	Bali - Penida	Bali	Ayung; Ho; Balian; Daya; Sabah; Panarukan; Sangiang Gede
52	20	A3-20	Pulau Lombok	N.T.B.	Dodokan; Jangkok; Babak; Renggung; Palung; Blimbing; Segara; Pemining; Meninting; Sidutan
53	21	A3-21	Aesesa	N.T.T.	Aesesa; Wae Mokel; Naggaroro; Mautenda; Wolowona; Waiwajo; Nebe
54	22	A3-22	Kapuas	Kalimantan Barat	Kapuas; Ambawang; Kubu; Landak; Nipah; Paduan; Peniti; Kapar; Mancar; Kerawang; Melendang; Satai
55	23	A3-23	Pawan	Kalimantan Barat	Pawan; Simpang; Semandang; Semanai
56	24	A3-24	Seruyan	Kalimantan Tengah	Seruyan
57	25	A3-25	Kahayan	Kalimantan Tengah	Kahayan; Sebangau
58	26	A3-26	Mahakam	Kalimantan Timur	Mahakam; Semboja; Senipah; Semoi
59	27	A3-27	Sangihe Talaud	Sulawesi Utara	(Sangihe Talaud)
60	28	A3-28	Tondano - Likupang	Sulawesi Utara	Ranowangko; Ranopaso; Nimanga; Marondor; Sosongae; Tondano; Likupang
61	29	A3-29	Paguyaman	Gorontalo	Paguyaman
62	30	A3-30	Parigi - Poso	Sulawesi Tengah	Parigi; Poso; Tompis; Bambalemo; Podi; Dolago; Tindaki
63	31	A3-31	Laa - Tambalako	Sulawesi Tengah	Laa; Tambalako; Tirongan; Salato; Morowali; Sumare; Bahonbelu; Bahodopi
64	32	A3-32	Walanae - Cenranae	Sulawesi Selatan	Walanae; Cenranae; Paremang;Bajo; Awo; Peneki; Keera; Ranang; La- rompong; Gilirang; Noling; Suli; Suto;
65	33	A3-33	Jeneberang	Sulawesi Selatan	Jeneberang; Jeneponto; Maros; Matulu; Salangketo; Tangka; Aparang; Pamukulu
66	34	A3-34	Pulau Buru	Maluku	(Pulau Buru)
67	35	A3-35	Pulau Ambon – P. Seram	Maluku	(Pulau Ambon; Pulau Seram)
68	36	A3-36	Kepulauan Kei - Aru	Maluku	(Kepulauan Kei - Aru)
69	37	A3-37	Kep.Yamdena-Wetar	Maluku	(Kepulauan Yamdena-Wetar)

d. Wilayah Sungai Lintas Kabupaten/Kota (51) (Wewenang dan Tanggung Jawab Pemerintah Provinsi)

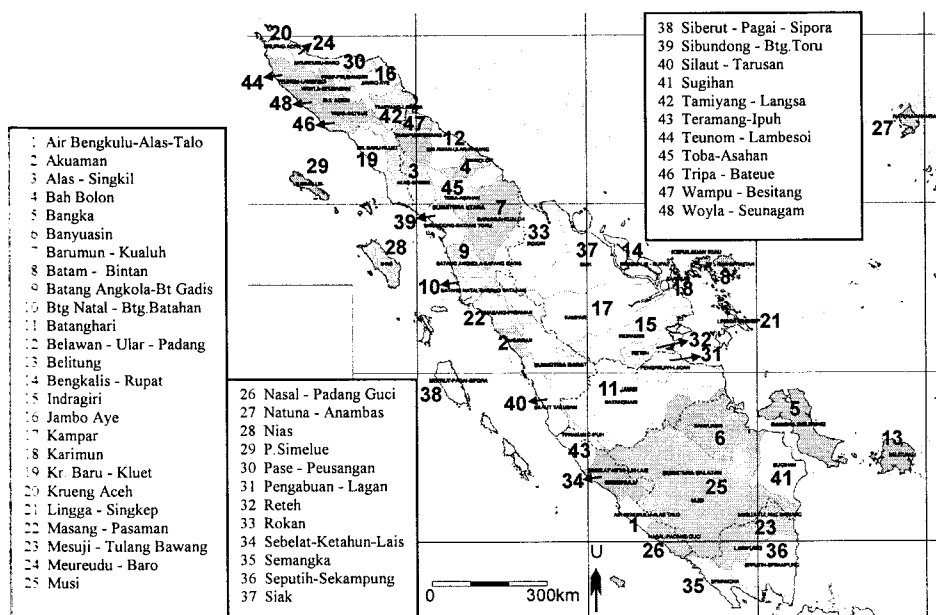
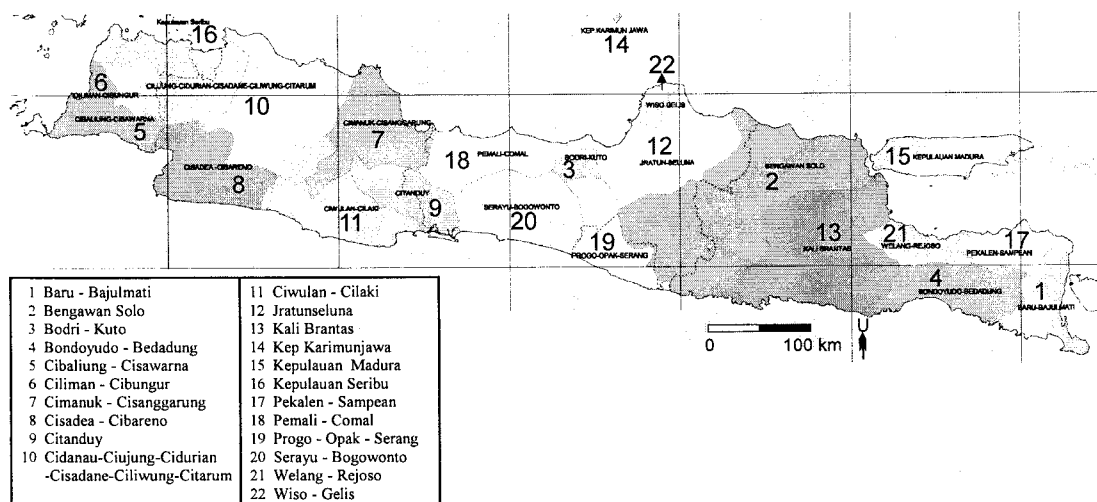
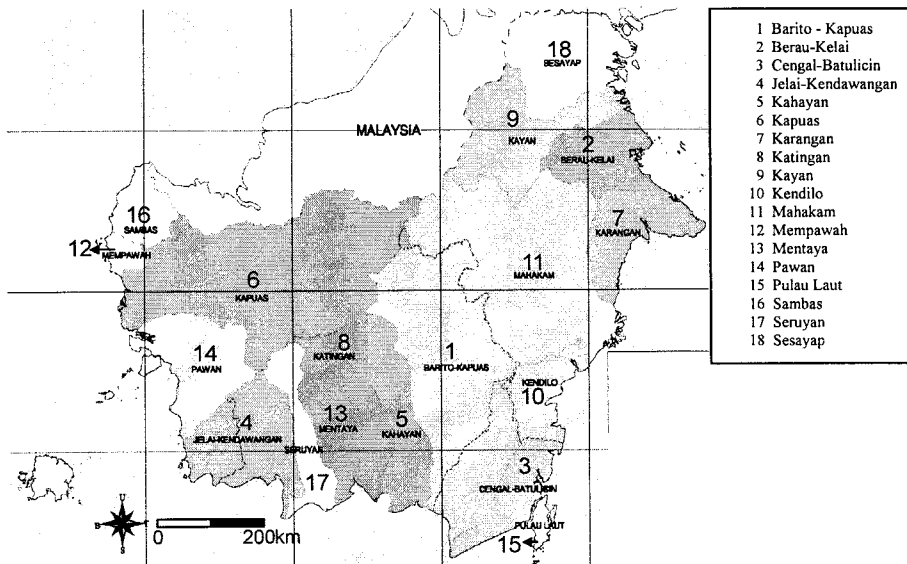
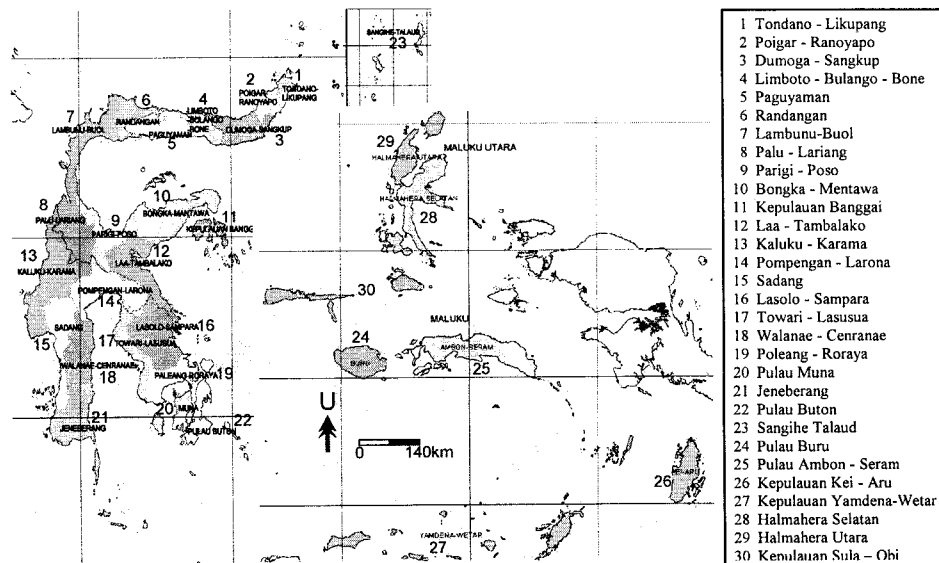
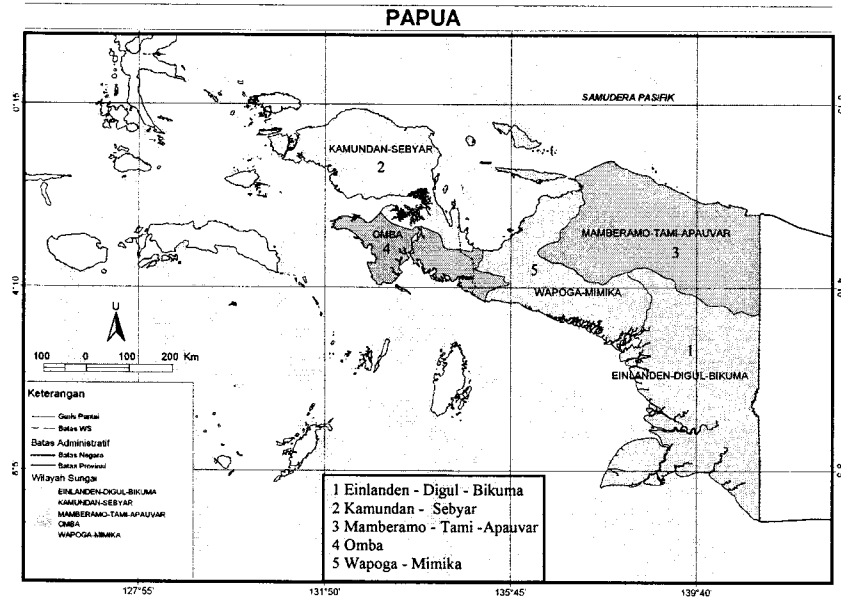
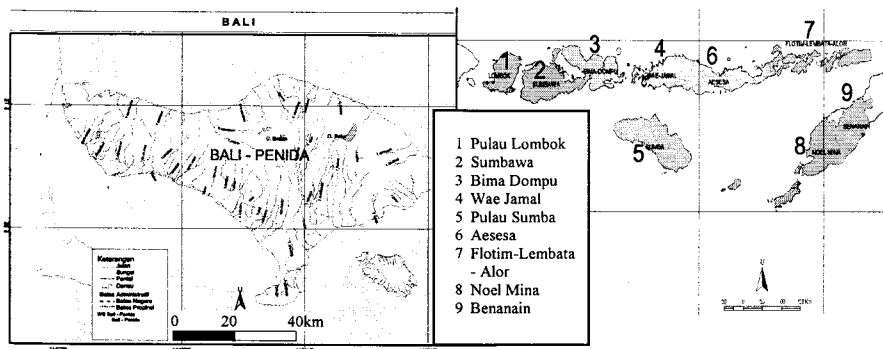
No.	No.	Kode WS	Nama Wilayah Sungai	Provinsi	Nama – Nama Daerah Aliran Sungai (DAS)
70	1	B-1	Krueng Aceh	N.A.D.	Aceh; Raya; Tengku; Batee
71	2	B-2	Pase - Peusangan	N.A.D.	Pase; Peusangan; Peudada; Keureuteu; Mane; Mane;

					Geukeuh
72	3	B-3	Tamiang - Langsa	N.A.D.	Tamiang; Langsa; Raya; Telaga Muku; Bayeueun
73	4	B-4	Teunom - Lambesoi	N.A.D.	Teunom; Lambesoi; Bubon; Woyla; Sabe; Masen; Inong
74	5	B-5	Krueng Baru - Kluet	N.A.D.	Krueng Baru; Kluet
75	6	B-6	Wampu - Besitang	Sumatera Utara	Wampu; Besitang; Babalan; Lepan; Gebang; Karang Gading; Btg. Serangan
76	7	B-7	Bah Bolon	Sumatera Utara	Bah Bolon; Pare-pare/Gambus; Napal; Kiri; Tanjung; Pagurawan; Perupuk; Balai
77	8	B-8	Barumun - Kualuh	Sumatera Utara	Barumun; Kualuh; Bilah; Panai
78	9	B-9	Pulau Nias	Sumatera Utara	Inou; Matawa; Afia; Gido Zebua; Idano Zala; Bol; Erfi; Otua; No Awu; Tulang baho; Manliho; Lae Huwa; Oyo; Nalawo; Idanogowo; Mola
79	10	B-10	Sibundong - Btg.Toru	Sumatera Utara	Sibundong; Batang Toru; Sirahar; Sitio-tio; Goman
80	11	B-11	Silaut - Tarusan	Sumatera Barat	Silaut; Tarusan; Sindang; Lunang; Indrapura; Bantayan
81	12	B-12	Masang - Pasaman	Sumatera Barat	Masang; Pasaman; Mandiangin; Ampu; Kapar; Sikilang; Air Bangis; Air Pati bubur; Air Pigogah; Air Bakau; Air Pinang; Air Tamak; Air Parlantingan
82	13	B-13	Pengabuan - Lagan	Jambi	Pengabuan; Lagan
83	14	B-14	Pulau Bangka	Bangka Belitung	(Pulau Bangka)
84	15	B-15	Pulau Belitung	Bangka Belitung	(Pulau Belitung)
85	16	B-16	Semangka	Lampung	Semangka; Ngarip; Menanga; Canguk; Pemerihan; Bambang; Ngaras
86	17	B-17	Air Bengkulu-Alas-Talo	Bengkulu	Air Bengkulu; Alas; Talo; Maras; Penago; Seluma; Kungkai; Air Hitam; Jenggalu
87	18	B-18	Sebelat-Ketahun-Lais	Bengkulu	Ketahun; Lais;Bintunan; Lemau; Palik; Pa-dang; Serangai; BitunanUrai; Kelingi;Kati; Beliti; Musi; Sebelat; Senaba; Sabai; Rami
88	19	B-19	Ciliman - Cibungur	Banten	Ciliman; Cibungur
89	20	B-20	Cibaliung - Cisawarna	Banten	Cibaliung; Cisawarna
90	21	B-21	Cisadea - Cibareno	Jawa Barat	Cisadea; Cibareno; Cisolok; Cimandiri
91	22	B-22	Ciwulan - Cilaki	Jawa Barat	Ciwulan; Cilaki; Cidadap; Cipatujah; Ciawi; Cimerak; Cikaso; Cimari; Cilayu
92	23	B-23	Bodri - Kuto	Jawa Tengah	Bodri; Kuto; Damar; Bulanan; Blukar; Buntu; Kendal; Blorong; Aji; Glagah
93	24	B-24	Welang - Rejoso	Jawa Timur	Welang; Rejoso
94	25	B-25	Pekalen - Sampean	Jawa Timur	Pekalen; Sampean
95	26	B-26	Baru - Bajulmati	Jawa Timur	Baru; Bajulmati
96	27	B-27	Bondoyudo - Bedadung	Jawa Timur	Bondoyudo; Bedadung
97	28	B-28	Kepulauan Madura	Jawa Timur	Rangkah; Ubak; Tamberu; Sumberabat; Semajid; Sampang; Keteleng; Baliga; Sasak; Pasian
98	29	B-29	Sumbawa	NTB	Sumbawa; Beh; Sekongkang; Rea; Moyo; Lamang; Empang; Jiram; Batu Bulan; Banggo
99	30	B-30	Bima Dompu	NTB	Sambana; Jatanga; Kwangko; Solo; Jatibaru; Parado
100	31	B-31	Pulau Sumba	NTT	Baing; Kambaniru; Memboro; Polapare; Wanakoka
101	32	B-32	Wae Jamal	NTT	Wae Jamal; Wae Raho/Lembor; Wae Pesi; (P.Komodo)
102	33	B-33	Flotim - Lembata - Alor	NTT	Konga; (P. Adonara); (P. Solor); (P. Lomblen); (P. Alor); (P. Pantar)
103	34	B-34	Mempawah	Kalimantan Barat	Mempawah;
104	35	B-35	Sambas	Kalimantan Barat	Sambas;
105	36	B-36	Cengal-Batulicin	Kalimantan Selatan	Cengal; Batulicin; Sampanahan; Kusan; Kintap
106	37	B-37	Kayan	Kalimantan Timur	Kayan; Bulungan; Bengara; Berasan; Malimpung; Selor; Ansam

107	38	B-38	Berau-Kelai	Kalimantan Timur	Berau; Kuning; Bakau; Pangkung; Kasal; Pantai
108	39	B-39	Karangan	Kalimantan Timur	Karangan; Sangata; Bengalon; Marangkayu; Santan
109	40	B-40	Kendilo	Kalimantan Timur	Kendilo; Segendang; Janggeru; Kerang; Tunan
110	41	B-41	Poigar - Ranoyapo	Sulawesi Utara	Poigar; Ranoyapo
111	42	B-42	Lambunu-Buol	Sulawesi Tengah	Lambunu; Buol; Lobu; Salumpaga; Bangkir; Ogoamas; Silamboo; Siraurang; Sioyong
112	43	B-43	Bongka - Mentawa	Sulawesi Tengah	Bongka; Mantawa;
113	44	B-44	Poleang - Roraya	Sulawesi Tenggara	Poleang; Roraya; Langkowala; Asole; Bogora; Muna; Lausu; Kasipute; Toburi; Laeya; Wolasi; Baito; Benua
114	45	B-45	Towari - Lasusua	Sulawesi Tenggara	Towari; Lasusua; Welulu; Oko-oko; Mekongga; Tamboli; Woimenda; Simbune
115	46	B-46	Pulau Buton	Sulawesi Tenggara	Bungi; Ambe; Wonco; Bau-bau; Kabongka; Winto
116	47	B-47	Pulau Muna	Sulawesi Tenggara	Tiworo; Kancintala; Bone; Ronta; Jompi; Kontu
117	48	B-48	Halmahera Selatan	Maluku Utara	(Halmahera Selatan)
118	49	B-49	Kepulauan Sula - Obi	Maluku Utara	(Kepulauan Sula); (Kepulauan Obi)
119	50	B-50	Kamundan - Sebyar	Irian Jaya Barat	Kamundan; Kais; Karabra; Kladuk; Warsamson; Mega; Koor; Sebyar; Arumasa; Muturi; Wasian; Mangopi; Prafi; Wariagar
120	51	B-51	Wapoga - Mimika	Papua	Wapoga; Aikimuga; Otokwa; Minarjerwi; Kamura; Mimika; Yawe; Parongga; Aidoma; Wanggar; Siriwo; Rombak; Nadubuai; Yapen; Biak; Supiori; Kemabu

e. Wilayah Sungai Dalam Satu Kabupaten/Kota (13) (Wewenang dan Tanggung Jawab Pemerintah Kabupaten/Kota)

No.	**No.**	**Kode WS**	**Nama Wilayah Sungai**	**Provinsi**	**Kabupaten**	**Nama - Nama Daerah Aliran Sungai (DAS)**
121	1	C-1	Pulau Simelue	N.A.D.	Simeulue	(Pulau Simelue)
122	2	C-2	Bengkalis - Rupat	Riau	Bengkalis	(P. Bengkalis) (P. Rupat)
123	3	C-3	Kep.Natuna-Anambas	Kepulauan Riau	Natuna	(Kepulauan Natuna - Anambas)
124	4	C-4	Kepulauan Karimun	Kepulauan Riau	Karimun	(Kepulauan Karimun)
125	5	C-5	Kep. Lingga-Singkep	Kepulauan Riau	Lingga	(Kep. Lingga - Singkep)
126	6	C-6	Pulau Siberut - Pagai - Sipora (Kep. Mentawai)	Sumatera Barat	Mentawai	Siberut; Sikabaluan; Saibi; Sima-legi; Takungan; Sibulelek; Sigep; Koilop; Kuioinan; Sigei; Sikako
127	7	C-7	Wiso - Gelis	Jawa Tengah	Jepara	Pecangaan;Tukabul; Sirahan;Wi -so;Gelis; Gung; Mlonggo;Balong; Wangkang; Telon; Banjaran;
128	8	C-8	Kep. Karimunjawa	Jawa Tengah	Jepara	Kepulauan Karimunjawa
129	9	C-9	Mentaya	Kalimantan Tengah	Kota Waringin Timur	Mentaya
130	10	C-10	Katingan	Kal. Tengah	Katingan	Katingan
131	11	C-11	Pulau Laut	Kalimantan Selatan	Kota Baru	Senakin;Sigam;Taih;Paring; Sebelimbingan;Pasir; Limau Oka-oka;Buah;Kapis;Serantak
132	12	C-12	Kepulauan Banggai	SulawesiTengah	Bangkep	Kepulauan Banggai
133	13	C-13	Halmahera Utara	Maluku Utara	Halmahera Ut	(Halmahera Utara)

Catatan: saat ini sedang disusun RaKepress Tentang WS yang dimungkinan adanya perubahan WS. Pembagian wilayah sungai per pulau ditunjukkan dalam Gambar-Gambar 5-4 a sampai f.

a. Pulau Sumatra (48 WS)

b. Pulau Jawa (22 WS)

c. Pulau Kalimantan (18 WS)

d. Pulau Sulawesi (23 WS) dan Kepulauan Maluku (7 WS)

e. Papua (5 WS)

f. Bali-Penida (1 WS) dan Nusa Tenggara (9 WS)

Gambar 5-4. WS per pulau (Peraturan Menteri PU Nomor: 11 A/PRT/M/2006)

5.2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS)

5.2.3.1 Teknis

Pengelolaan sumber daya air daerah aliran sungai (DAS) dan perencanaan tata guna lahan secara teknis (rekayasa) membutuhkan banyak hal yang sangat kompleks. Konsekuensinya dibutuhkan stimulasi model-model pengembangan DAS dan sistem sungai untuk prediksi response sistem fluvial terhadap

alam dan manusia. Proses-proses fisik yang menentukan respon DAS meliputi (Simons & Li, 1982 dengan elaborasi):

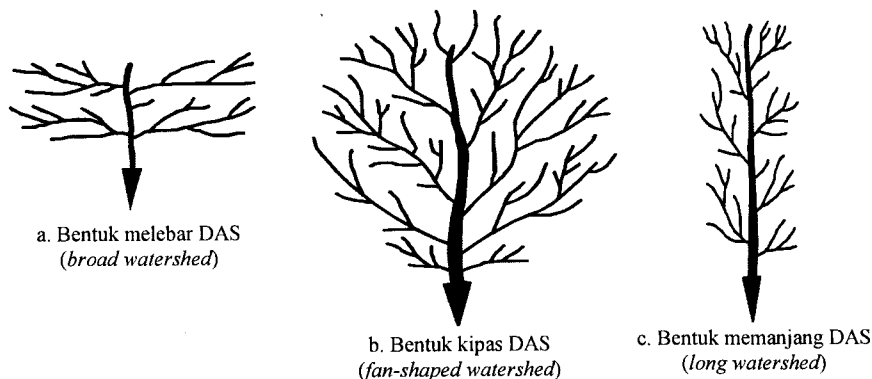
- Sejarah
- Tektonik
- Topografi
- Tanah
- Geologi (litologi)
- Vegetasi Iklim
- Hidrologi dan Hidraulik
- Transpor sedimen
- Aktifitas, kegiatan atau tindakan manusia (*man influence* atau *man-induced change*).

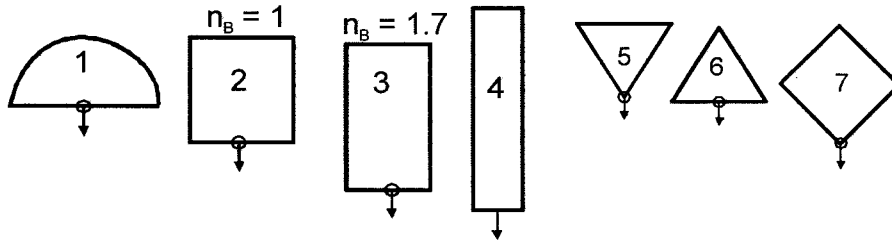
Kinori dan Mevorach (1984) juga menyatakan faktor yang berpengaruh terhadap karakterisitik hidrolik suatu DAS yang merupakan bagian dari keseluruhan suatu sistem *fluvial,* meliputi:

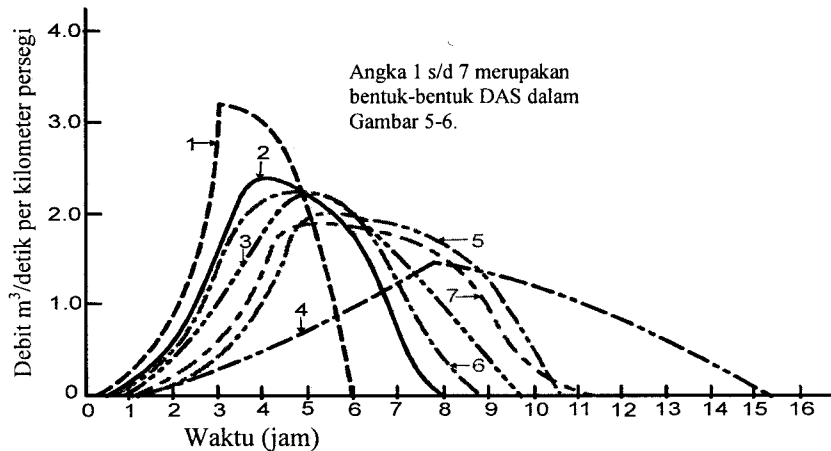
- Bentuk geometrik DAS: bentuk, lokasi, panjang sungai, kemiringan dasar, kerapatan sistem drainase.
- Karakteristik tanah: jenis tanah, ukuran butiran, tekstur, erosivitas tanah.
- Vegetasi: bentuk penutupan lahan, jenis vegetasi, distribusi vegetasi, intersepsi, transpiration.
- Hidrologi dan klimatologi: temperatur, curah hujan (tipe, durasi, waktu, frekuensi, distribusi), laju infiltrasi, perkolasi, kejadian musiman.
- Hidrolika dan sedimentasi: debit puncak sungai, jenis aliran, kondisi tanah dasar dan tebing, ukuran butiran sedimen, aliran dasar, aliran permukaan, aliran air tanah, kondisi tanah permukaan, sedimentasi lahan (*sediment yield*) dari hasil erosi DAS, transport sedimen, pengaruh pasang laut.
- Geologi: struktur, fraktur, batuan dasar, jenis material tanah (batuan).
- Tata guna lahan: pengembangan, aktifitas, penggundulan hutan, perubahan tata guna lahan.

Faktor-faktor tersebut memberikan pengaruh kepada volume aliran permukaan maupun air tanah dalam suatu DAS serta debit sungai. Secara lebih spesifik bentuk geometrik DAS memberikan pengaruh yang cukup dominan kepada debit puncak sistem sungainya.

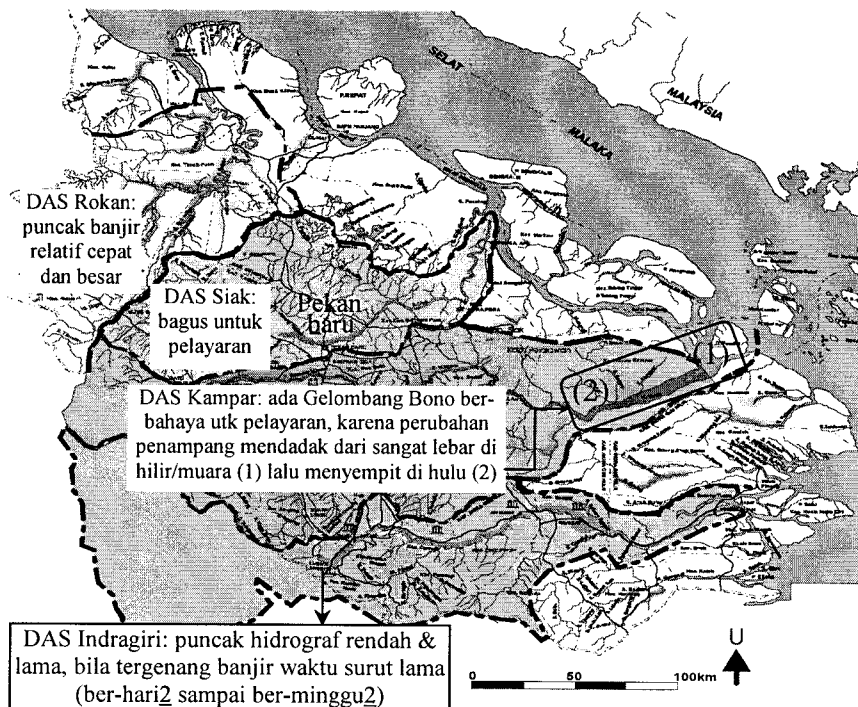
DAS mempunyai bentuk yang bermacam-macam berdasarkan bentuk topografi dan geologinya. Secara garis besar bentuk DAS dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu: Bentuk memanjang, bentuk melebar dan bentuk kipas.

Bila lebih detail pengelompokkannya maka bentuk DAS bisa saja merupakan gabungan dari ketiga kelompok tersebut, misalnya bentuk suatu DAS memanjang dan sekaligus juga melebar. Gambar 5-5 menunjukkan bentuk DAS tersebut.

Gambar 5-5. Bentuk sederhana DAS (Kinori dan Mevorach, 1984)

Bentuk-bentuk DAS tersebut berpengaruh terhadap hidrograf dan debit puncak sungai. Richards (1950) dalam (Kinori dan Mevorach, 1984) menganalisis secara sederhana berbagai bentuk DAS dan pengaruhnya terhadap hidrograf dan debit puncak sungai dengan data lainnya dianggap tetap. Hasilnya diilustrasikan dalam Gambar 5-6 dan Gambar 5-7.

n_B = perbandingan antara lebar dan panjang DAS

Gambar 5-6. Bentuk-bentuk sederhana DAS

Gambar 5-7. Pengaruh bentuk-bentuk DAS dalam Gambar 5-6 terhadap debit puncak dan hidrograf (Richards, 1950 dalam Kinori dan Mevorach, 1984)

Bentuk DAS dari 1 sampai 4 dari Gambar 5-6 menunjukkan pergeseran hidrograf dan debit puncak. Bentuk DAS semakin memanjang, debit puncak makin rendah dan hidrograf makin lebar. Untuk Bentuk DAS dari 5 sampai 7 perubahannya tidak terlalu nampak.

Untuk ilustrasi berikut ini dianalisis secara sederhana bentuk-bentuk kondisi DAS di Riau yang terdiri atas 4 besar Sungai. Ilustrasi DAS-DAS di Riau ditunjukkan dalam Gambar 5-8.

Gambar 5-8. Bentuk DAS di Riau

Berdasarkan Gambar 5-6 dan Gambar 5-7 serta melihat Gambar 5-8 maka kondisi masing-masing sungai dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Sungai Rokan mempunyai DAS mirip dengan bentuk DAS 2 dalam Gambar 5-6. Sehingga debit puncak cukup tinggi terjadi lebih awal dengan hidrograf yang tinggi (relatif). Peningkatan muka air di Sungai Rokan akan cukup cepat terutama bilamana terjadi hujan yang cukup merata.
- Sungai Siak: bagian hulu sampai Pekanbaru kondisi DAS seperti bentuk DAS 2 dalam Gambar 5-6. Bilamana hujan turun merata maka terjadi peningkatan banjir yang cepat yang relatif sama dengan kondisi DAS Rokan. Namun di bagian hilir mendekati pantai kondisi DAS mirip bentuk DAS antara 3 dengan 4 dalam Gambar 5-6. Pada kondisi ini maka debit puncak menjadi lebih kecil namun hidrografnya memanjang. Berdasarkan bentuknya di mana mendekati hilir DAS Siak lebih kecil dibandingkan dengan bentuk di bagian hulunya maka berdasarkan hukum kontinuitas aliran dapat dikatakan bahwa sampai ke muara Sungai Siak mempunyai kedalaman yang cukup besar. Di samping itu pengaruh aliran balik akibat pasang laut cukup tinggi namun prosesnya secara gradual (perlahan-lahan).
- Sungai Kampar: hampir seluruh DAS mirip dengan Bentuk 2 sampai Bentuk 3 dalam Gambar 5-6. Pada waktu hujan merata maka akan terjadi peningkatan debit puncak yang cepat dan tinggi. Di muara sungai menjadi sangat lebar dan semakin ke hulu ada perubahan lebar penampang yang secara mendadak. Maka berdasarkan hukum kontinuitas aliran, pada waktu pasang laut, aliran balik terjadi secara tiba-tiba di bagian perubahan lebar penampang sungai tersebut. Gelombang pasang menjadi

gelombang yang tiba-tiba meninggi dan mengalir ke hulu. Gelombang ini dikenal oleh masyarakat di sekitar Sungai Kampar sebagai Gelombang Bono yang ditakuti dan harus dihindari oleh kapal-kapal (baik besar atau kecil). Gelombang semacam Gelombang Bono ini juga terjadi di Sungai Digul Provinsi Papua.

- Sungai Indragiri: bentuknya mirip dengan Bentuk DAS 4 dalam Gambar 5-6. Oleh karena itu debit puncak relatif lebih pendek namun hidrografnya cukup lebar. Ini berarti bilamana terjadi hujan merata maka genangan akibat banjir yang terjadi akan relatif lebih lama.

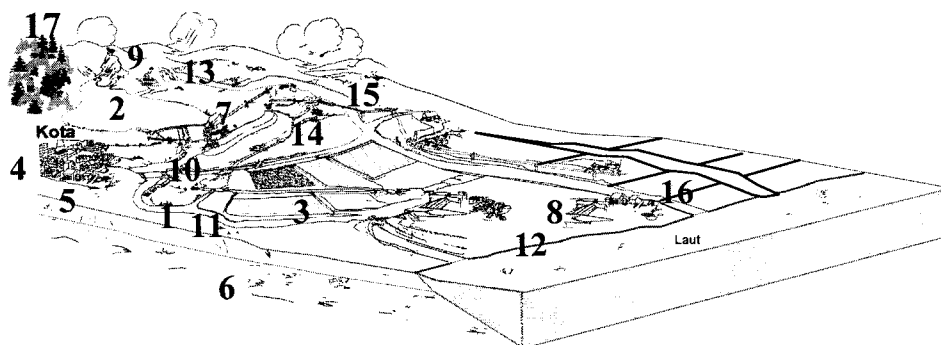
Sebagai catatan, kajian tersebut merupakan kajian sederhana dan hanya sebagai indikasi saja untuk mengetahui secara awal. Dengan luasan DAS yang lebih dari 20.000 km^2 untuk DAS-DAS Rokan, Kampar dan Indragiri serta lebih dari 10.000 km^2 untuk DAS Siak, maka sesungguhnya masih diperlukan kajian yang lebih dalam, lebih detail dan dari semua aspek seperti sudah disebutkan dalam awal Sub-Bab ini. Lihat juga Sub-Bab 5.7.

Untuk wilayah perkotaan dengan DAS yang jauh lebih kecil (di bawah 500 km^2 bahkan $<100\ km^2$) maka indikasi bentuk DAS dengan efeknya ke debit puncak dan hidrograf akan jauh lebih akurat dibandingkan dengan DAS-DAS yang besar. Namun mengingat DAS dan sistem sungainya merupakan suatu yang kompleks walaupun luas DAS lebih kecil, kajian-kajian yang detail dengan data primer yang memadai tetap mutlak diperlukan.

Beberapa contoh sungai yang dijelaskan dalam sub-bab ini ditujukan bagi para-pihak bahwa dalam menganalisis banjir, pemahaman tentang beberapa substansi seperti: sejarah, tektonik, hidrologi bentuk morfologi dan luasan DAS perlu dimasukkan dalam pertimbangan yang penting untuk analisis detailnya.

5.2.3.2DAS Sebagai Dasar Pengelolaan Sumber Daya Air Untuk Air Permukaan

DAS merupakan dasar pengelolaan untuk sumber daya air untuk air permukaan. Di seluruh Indonesia data dari Direktorat Sungai 1994 menyebutkan bahwa ada kurang lebih 5.590 DAS, baik berskala besar maupun kecil, yang tersebar dari Sabang sampai Merauke (Direktorat Sungai, 1994; Le Groupe AHF International, 1994). Gabungan beberapa DAS menjadi Wilayah Sungai.

Untuk aliran permukaan daerah aliran sungai merupakan satu kesatuan sistem sumber daya air. Secara alami sesuai hukum gravitasi, air mengalir dari hulu ke hilir, dari gunung (daerah yang tinggi) menuju ke laut (daerah yang lebih rendah). Beberapa komponen, fungsi dan sistem sumber daya air ditunjukkan dalam Gambar 5-9.

Keterangan gambar:
komponen, fungsi dan sistem
1. Sungai
2. Waduk, danau, situ, embung
3. Sistem Irigasi
4. Jaringan air bersih
5. Sistem drainase perkotaan
6. Air tanah
7. PLTA
8. Pengendalian banjir dan genangan
9. Pengendalian erosi

komponen, fungsi dan sistem
10. Pengendalian sedimentasi
11. Navigasi
12. Pantai
13. Aktifitas konservasi
14. Pengendalian kekeringan
15. Penanggulangan longsor
16. Rawa
17. Hutan
18. Dll

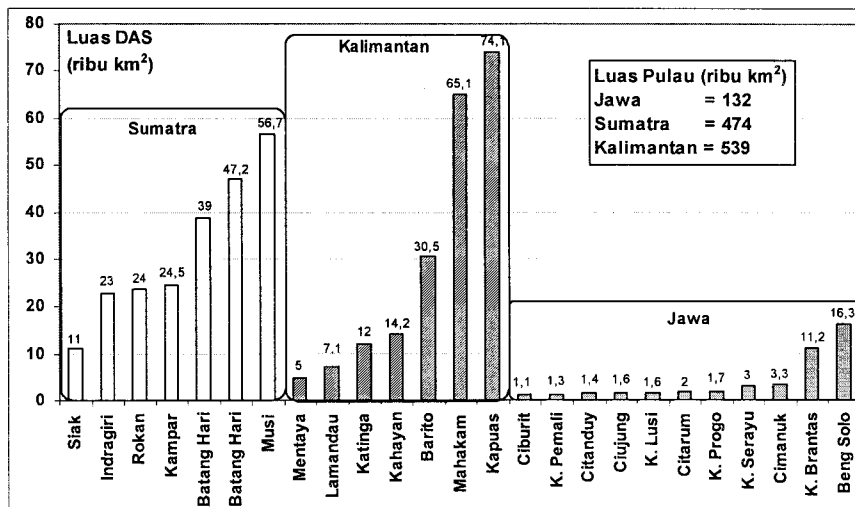
Gambar 5-9. Daerah Aliran Sungai merupakan daerah kesatuan sistem infrastruktur keairan

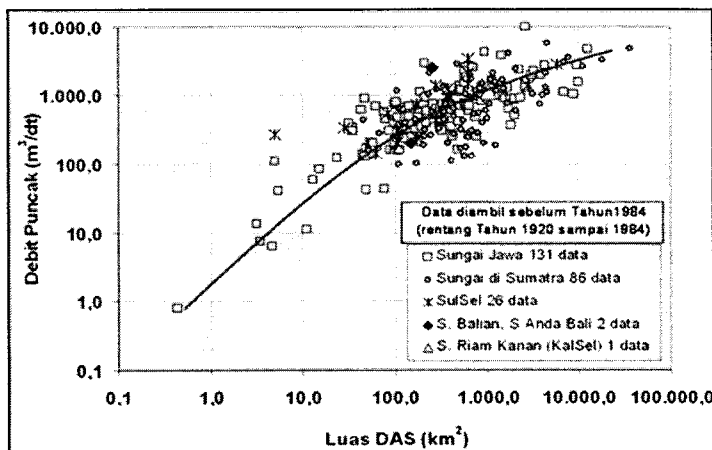
Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa dalam suatu DAS banyak komponen, sistem dan fungsi/ peran terkait dengan sumber daya air. Oleh karena itu pengelolaan sumber daya air harus dilihat secara utuh dalam satu kesatuan minimal dalam suatu daerah aliran sungai. Karena pada prinsipnya sistem sumber daya air merupakan sebuah kombinasi dari fasilitas pengendalian air dan elemen lingkungan yang bekerja bersama untuk mencapai tujuan pengelolaan sumber daya air dan membutuhkan suatu sistem keputusan yang memerlukan kajian menyeluruh. Pada hakekatnya definisi ini sulit diimplementasikan karena mencakup banyak dimensi, banyak aspek, melibatkan semua pihak dan saling tergantung.

Data beberapa sungai besar di Indonesia ditunjukkan dalam Tabel 5-4. Perbandingan luas DAS di Pulau-Pulau Sumatra, Kalimantan dan Jawa untuk beberapa sungai ditunjukkan dalam Gambar 5-10.

Tabel 5-4. Data Beberapa Sungai Besar (BPS, 1999; Dep Pekerjaan Umum dan JICA, 1990; CTI Eng. & Nippon Koei, 1995)

No.	Pulau	Nama Sungai	Lokasi Pos Duga Air	Luas DAS (km^2)	Debit rata2 (lt/dt/km^2)
1	Sumatera	Kr. Peusangan	Simpang Jaya	2.077	78
2		Wampu	Stabat	3.809	199
3		Bingei	Kp. Pahlawan	1.621	22
4		Ular	Pulau Tagor	1.013	38
5		Asahan	Pulau Raja	4.669	89
6		Batang Toru	Hapesong baru	2.773	59
7		Batang Kuatan	P. Berhala	8.526	147
8		Batang Hari	Sei Duren	38.704	2.027
9		Batang Pasaman	Air Gadang	1.395	76
10		Batang Rokan	Bt. R.Ki-L. Bendahara	4.848	90
			Bt. Lubuk-Ujung Gurap	1.304	53
			di UjungBatu	1.096	

No.	Pulau	Nama Sungai	Lokasi Pos Duga Air	Luas DAS (km²)	Debit rata2 (lt/dt/km²)
			di muara	23.690	
11		Siak	Tapung Ki-Pantai	1.716	37
			di Pekanbaru	5.429	
			di muara	11.026	
12		Bt. Kampar	Bt.K.Ka - D. Bingkuang	4.000	107
			Di Waduk Kotopanjang	3.337	
			Bt.K.Ki -Lipat Kain	3.431	124
			di Prop Sumbar	3.462	
			di Prop. Riau	21.086	
			di muara	24.548	
13		Indragiri	di Prop Sumbar	7.459	
			di Prop. Riau	8.809	
			di muara	16.268	
14		Air Dikit	Sari Bulan	1.002	30
15		Air Musi	S. Lematang-S. Rotan	6.990	245
			S. Rawas - P. Kidak	1.325	35
			A. Belitang - Tirtonadi	1.996	6
			S. Komering-Martapura	4.267	111
			S. Selebung-Kota Agung	1.228	52
16		W. Tulang Bawang	W. Umpu Ka-Pakuan	3.427	58
			W. Umpu Ki - Gng	2.238	24
17		W. Seputih	Buyut udik	1.648	21
18		W. Sekampung	Pujo Rahayu	1.696	19
19		W. Semangka	Sri Kuncoro	1.413	24
20	**Jawa**	Citarum	Nanjung	1.675	42
21		Cimanuk	Kertasemaya	3.305	86
22		Ciburit	Cibungur	1.081	58
23		Ciujung	Kd. Cinde	1.623	31
24		Citanduy	Patarum	1.416	64
25		K. Pemali	Brebes	1.250	35
26		Bengawan Solo	Babat	16.286	284
27		K. Serayu	Rawalo	3.096	125
28		K. Lusi	Tawangharjo	1.642	24
29		K. Progo	Duwet	1.712	30
30		K. Brantas	Mojokerto	11.196	211
31	**Kalimantan**	Barito	Muara Teweh	30.536	1.134
32		Kapuas	Pujon	4.741	219
			di Muara	74.071	
33		Mahakam	K. Bangun	56.600	1.274
34		Kahayan	Palangkaraya	14.175	662
35		Katinga	Kasongan	11.929	741
36		Mentaya	Kuala Kuayan	4.766	181
37		Lamandau	Nanga Bulik	7.082	180

Gambar 5-10. Perbandingan luas DAS (ribu km²) beberapa sungai besar di Sumatra, Kalimantan dan Jawa

Beberapa kejadian debit puncak yang pernah terjadi dalam periode selama Tahun 1920 sampai Tahun 1984 ditunjukkan dalam Gambar 5-11 berikut ini.

Gambar 5-11. Hubungan luas DAS (km²) dengan Debit Puncak (Q_p) Beberapa Sungai Di Sumatra, Jawa, Bali dan KalSel (Kep. Dirjen Pengairan Dep. PU 5 Maret, 1985 yang diolah)

Dari Gambar 5-11 dapat dituliskan hubungan luas DAS dan debit puncak (lihat garis dalam Gambar 5-11), yaitu:

Qpuncak (m^3/dt)= $0{,}493A^{0{,}927}$ km^2 (berdasar total data 264)

5.2.4 Cekungan Air Tanah (CAT)

Dalam UU Sumber Daya Air daerah aliran air tanah disebut Cekungan Air Tanah (CAT) atau *groundwater basin* yang didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung. Sehingga dapat dikatakan bahwa CAT adalah batas teknis Pengelolaan Sumber Daya Air untuk air tanah. *Basin* terjemahan dalam Bahasa Indonesia berarti cekungan (Echols & Shadily, 2002a).

Kriteria CAT berdasar PP No. 43 Tahun 2008 adalah sebagai berikut:

- Mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan/atau kondisi hidraulik air tanah. Batas hidrogeologis adalah batas fisik wilayah pengelolaan air tanah. Batas hidrogeologis dapat berupa batas antara batuan lulus dan tidak lulus air, batas pemisah air tanah, dan batas yang terbentuk oleh struktur geologi yang meliputi, antara lain, kemiringan lapisan batuan, lipatan, dan patahan.
- Mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah. Daerah "imbuhan air tanah" merupakan kawasan lindung air tanah, di daerah tersebut air tanah tidak untuk didayagunakan, sedangkan daerah lepasan air tanah secara umum dapat didayagunakan, dapat dikatakan sebagai kawasan budidaya air tanah.
- Memiliki satu kesatuan sistem akuifer: yaitu kesatuan susunan akuifer, termasuk lapisan batuan kedap air yang berada di dalamnya. Akuifer dapat berada pada kondisi tidak tertekan atau bebas (*unconfined*) dan/atau tertekan (*confined*).

Menurut RaKePres No...Tahun...Tentang Cekungan Air Tanah (Versi 17 September 2007), CAT di Indonesia terdiri atas akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*). Akuifer bebas merupakan akuifer jenuh air (*saturated)*. Lapisan pembatasnya, yang merupakan *aquitard*, hanya pada bagian bawahnya dan tidak ada pembatas *aquitard* di lapisan atasnya, batas di lapisan atas berupa muka air tanah. Dengan kata lain merupakan akuifer yang mempunyai muka air tanah (Kodoatie, 1996). Sedangkan akuifer tertekan merupakan akuifer yang jenuh air yang dibatasi oleh lapisan atas dan lapisan bawah yang kedap air (*aquiclude*) dan tekanan airnya lebih besar dari tekanan atmosfir. Pada lapisan pembatasnya tidak ada air yang mengalir (*no flux*) (Kodoatie, 1996). Menurut Bear (1979), akuifer tertekan adalah akuifer yang batas lapisan atas dan lapisan bawah adalah formasi tidak tembus air, muka air akan muncul di atas formasi tertekan bawah. Akuifer ini bisa ada atau tidak pada bawah permukaan tanah.

Tidak seperti pembagian WS di Indonesia, wilayah Indonesia tidak dibagi habis dalam bentuk CAT. Artinya wilayah indonesia (di darat) ada yang disebut sebagai CAT dan Bukan CAT (Non-CAT) atau CAT tidak potensial (Pusat Lingkungan Geologi, 2009). Luas CAT dan Non-CAT adalah sebagai berikut:

- Luas CAT : 907,615 km^2 (atau 47,2% luas daratan)
- Luas Non-CAT : 1,014,985 km^2 (atau 52,8% luas daratan)

Jumlah cekungan air tanah di Indonesia sebanyak 421 CAT, terutama tersebar di pulau-pulau besar dengan total potensi air tanah diperkirakan mencapai 517 milyar m^3/tahun. Sebanyak 80 cekungan air tanah diantaranya terdapat di P.Jawa dan P.Madura dengan potensi air tanah sekitar 41 milyar m^3/tahun. Hamparan cekungan air tanah banyak yang lintas provinsi, kabupaten/kota dan ada juga yang lintas negara, serta sering juga dijumpai berada di bawah permukaan laut. Luas tiap cekungan air tanah tidak sama, tergantung kepada kondisi hidrogeologi setempat. Umumnya di pulau-pulau kecil seperti di Nusa

Tenggara dan Maluku, cekungan air tanah yang dijumpai cukup sempit, sedangkan di Pulau Kalimantan, Papua, Jawa dan Sumatra, banyak dijumpai cekungan air tanah yang cukup luas.

CAT tersebar di seluruh Indonesia dengan total besarnya potensi masing-masing adalah:

- Potensi akuifer bebas : 496,217 juta m^3/tahun 96 %
- Potensi akuifer tertekan : 20,906 juta m^3/tahun 4 %
- Potensi Total : 517,123 juta m^3/tahun 100 %

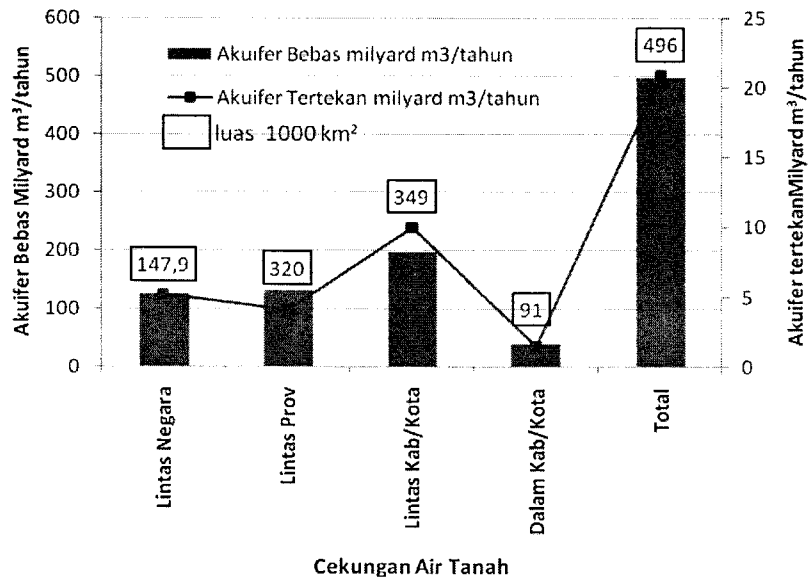
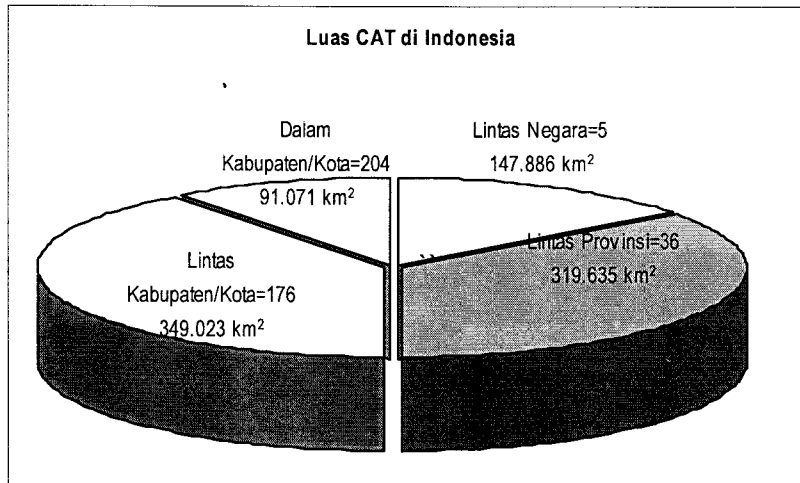
Penentuan CAT bukan didasarkan pada batas administrasi melainkan pada batas hidrogeologis, oleh karena itu banyak CAT yang keberadaannya melintasi dua wilayah administrasi, bahkan bisa lebih.

Tabel-Tabel 5-5 dan 5-6 serta Gambar 5-12 dan Gambar 5-13 menunjukkan sebaran CAT di Indonesia, baik yang lintas negara, lintas provinsi, lintas kabupaten/kota, maupun yang berada dalam satu wilayah kabupaten/kota serta CAT per pulau.

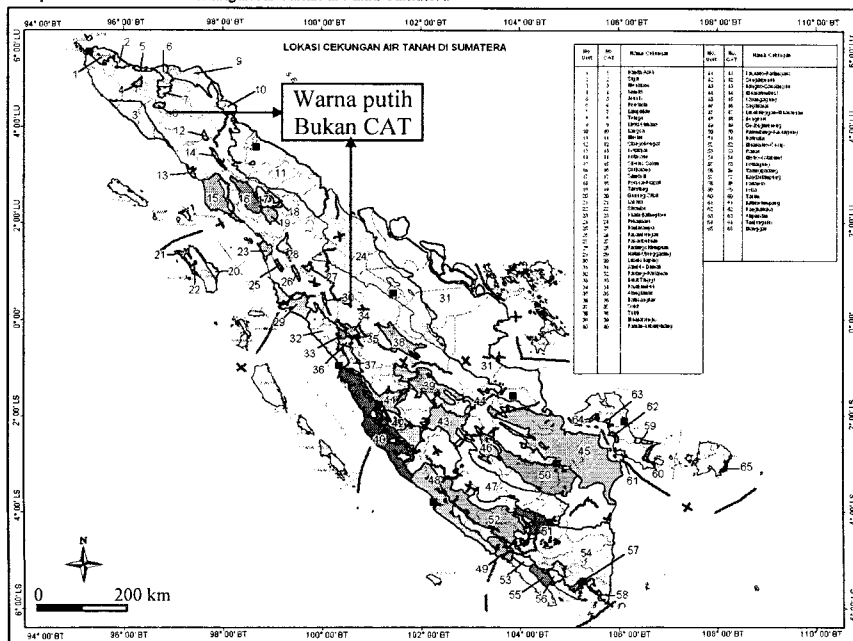
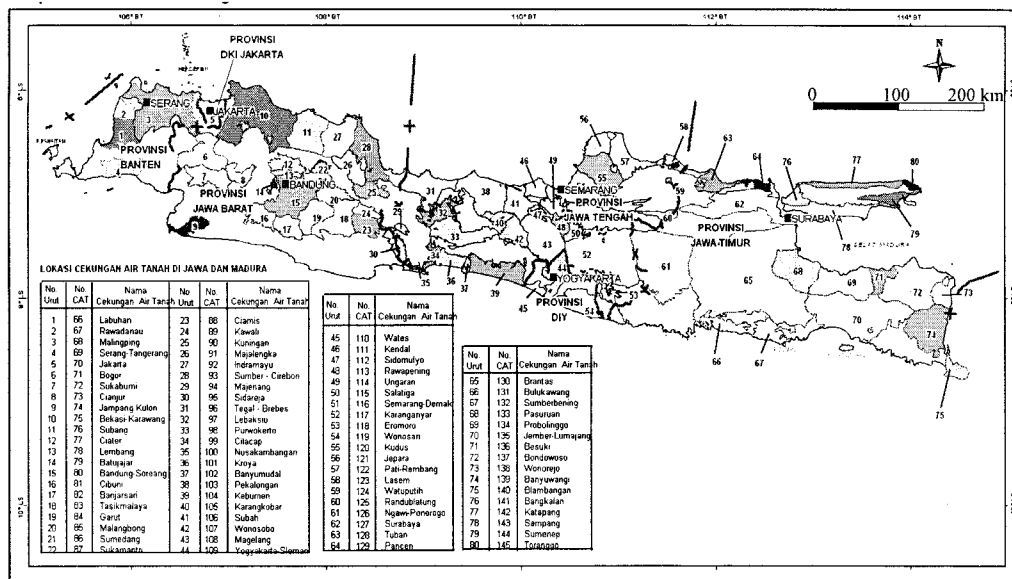
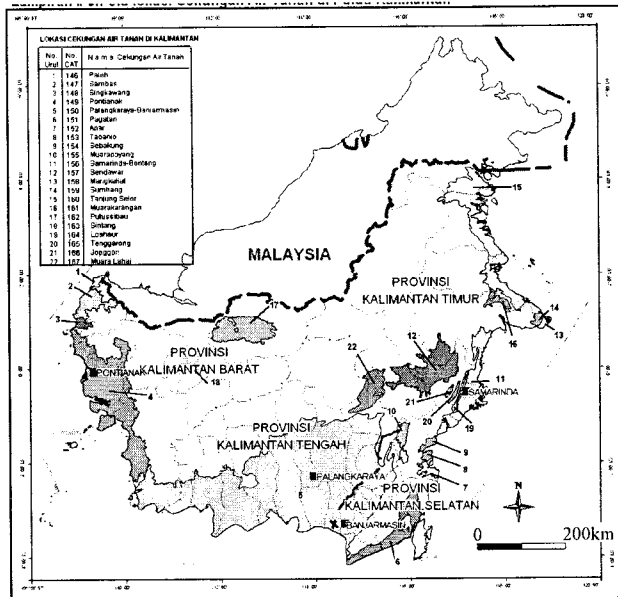
Tabel 5-5. Potensi air tanah pada CAT di Indonesia

No	CAT	Jumlah	Luas (km^2)	Potensi air tanah pada Akuifer (juta m^3/tahun)	
				Bebas	Tertekan
1	Lintas Negara	5	147,886	126,276	5,259
2	Lintas Provinsi	36	319,635	131,186	4,127
3	Lintas Kab/Kota	176	349,023	198,101	9,987
4	Dalam Kab/Kota	204	91,071	40,654	1,533
	Total	421	907,615	496,217	20.906

Tabel 5-6. Potensi air tanah pada CAT di Indonesia per Pulau (RAKEPRES No...Tahun...Tentang Cekungan Air Tanah Versi 17 September 2007)

No	Pulau	Jumlah CAT	Luas CAT (km2)	Potensi air tanah pada akuifer (juta m3/tahun)		
				bebas (unconfined)	tertekan (confined)	% tertekan thd bebas
1	Bali	8	4,381	1,577	21	1.3%
2	NTB	9	9,475	1,908	107	5.6%
3	NTT	38	31,929	8,229	200	2.4%
4	Maluku	68	25,830	11,943	1,231	10.3%
5	Sulawesi	91	37,778	19,694	550	2.8%
6	Jawa &Madura	80	81,147	38,851	2,046	5.3%
7	Kalimantan	22	181,362	67,963	1,102	1.6%
8	Sumatera	65	272,843	123,528	6,551	5.3%
9	Papua	40	262,870	222,524	9,098	4.1%
	Total	421	907,615	496,217	20,906	4.2%

a. CAT di Indonesia

b. Perbandingan luas CAT di Indonesia

Gambar 5-12. Cekungan Air Tanah di Indonesia
(RAKEPRES No.... Tahun 2007 Versi 17 September 2007)

Ilustrasi CAT per pulau di Indonesia ditunjukkan dalam Gambar 5-13.

a. CAT di Pulau Sumatra

b. CAT di Pulau Jawa

c. CAT di Pulau Kalimantan

d. CAT di Pulau Sulawesi

DAFTAR CEKUNGAN AIR TANAH DI PULAU IRIAN JAYA

No. Urut	No. CAT	Nama Cekungan Air Tanah
1	382	Gamwaigeo
2	383	Bokpapo
3	384	Wairemah
4	385	Batanta
5	386	Salawati
6	387	Teminabuan-Bintuni
7	388	Atkari
8	389	Zaag
9	390	Timuforo
10	391	Kanoka-Babo
11	392	Manokwari
12	393	Oransbari
13	394	Numfor
14	395	Takubo
15	396	Urema
16	397	Kaimana
17	398	Omba
18	399	Warsa
19	400	Biak
20	401	Pom
21	402	Ansas
22	403	Serui
23	404	Timur Samberbada
24	405	Nabire
25	406	Legare
26	407	Ulawa
27	408	Agamanan
28	409	Parekebo
29	410	Warem-Demta
30	411	Taritatu
31	412	Enarotali
32	413	Wamena
33	414	Hulu S.Senggi
34	415	Jayapura
35	416	Timur Arso
36	417	Lereh-Leweh
37	418	Ubrub
38	419	Mandala
39	420	Nalco-Bime
40	421	Timika-Merauke

e. CAT di Pulau Papua

DAFTAR CEKUNGAN AIR TANAH DI PROVINSI BALI

No. Urut	No. CAT	Nama Cekungan Air Tanah
1	259	Denpasar-Tabanan
2	260	Singaraja
3	261	Amlapura
4	262	Negara
5	263	Gilimanuk
6	264	Nusa Penida
7	265	Nusadua
8	266	Tejakula

f. CAT di Pulau Bali

No. Urut	No. CAT	Nama Cekungan Air Tanah
1	267	Mataram-Selong
2	268	Tanjung-Sambelia
3	269	Sumbawa Besar
4	270	Empang
5	271	Pekat
6	272	Sanggar-Kilo
7	273	Dompu
8	274	Bima
9	275	Tawali-Sape

g. CAT di Pulau NTB

No. Urut	No. CAT	Nama Cekungan Air Tanah
1	276	Labuhan Bajo
2	277	Lempe
3	278	Reo-Riung
4	279	Ruteng
5	280	Bajawa
6	281	Maurole
7	282	Ende
8	283	Maumere
9	284	Larantuka
10	285	Kutabura-Lame ayang
11	286	Levobunga
12	287	Liberapan
13	288	Balauwak
14	289	Mananga
15	290	Waiwadan
16	291	Waiwerang
17	292	Lewoleba
18	293	Iliwatulolo
19	294	Balaurik
20	295	Wairiang
21	296	Wapoe
22	297	Takourang
23	298	Delaki
24	299	Pasirputih
25	300	Kalabahi
26	301	Werula
27	302	Waikabubak
28	303	Ngalu
29	304	Kupang
30	305	Camplong
31	306	Mina
32	307	Soe
33	308	Oemeu
34	309	Besikama
35	310	Atoki
36	311	Nemperola
37	312	Batutua
38	313	Rote

h. CAT di Pulau NTT

Catatan: warna putih dalam Gambar-Gambar a s/d h adalah daerah Non-CAT. Oleh Pusat Lingkungan Geologi (2009) disebutkan daerah Bukan CAT atau CAT tidak potensial

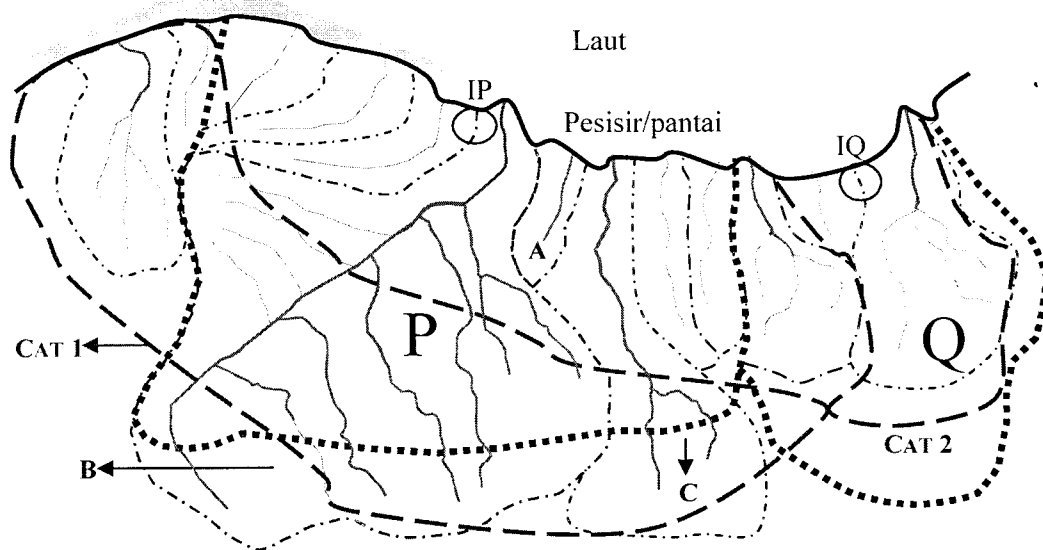
Gambar 5-13. CAT di Indonesia (RaKepres Tentang Air Tanah, 2009)

Uraian tentang daerah CAT dan daerah Non-CAT dijelaskan dalam Sub-Bab 5.10.

5.2.5 Batas Administrasi

Secara administratif untuk pemerintahan wilayah Indonesia dibagi beberapa wilayah adminsitratif dengan herarki seperti berikut: provinsi, kabupaten/kota, kecamatan, kelurahan atau desa.

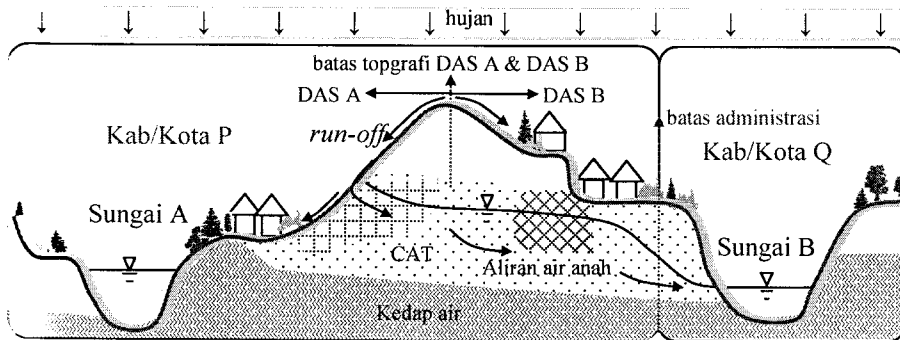
Perbedaan batas teknis dan batas administrasi ditunjukkan dalam Gambar 5-14. Dalam Gambar 5-14a diilustrasikan skema denah DAS, CAT, WS dan batas administrasi. Sedangkan Gambar 5-14b diilustrasikan potongan DAS, CAT, WS dan batas administrasi serta juga menggambarkan CAT tak selalu mengikuti DAS di atasnya; CAT dengan *recharge area* di DAS A mengalirkan air tanah ke DAS B. Di samping itu batas adminstrasi juga tidak mengikuti batas teknis.

Batas teknis dan batas administrasi ini menjadi acuan dasar untuk pengelolaan sumber daya air dan penataan ruang.

Keterangan:

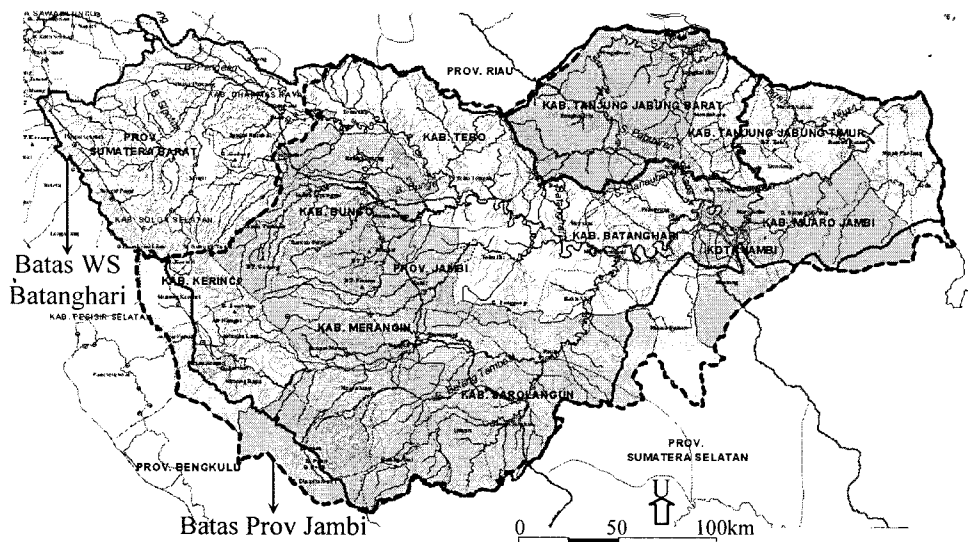
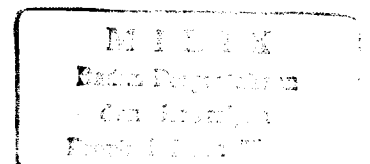
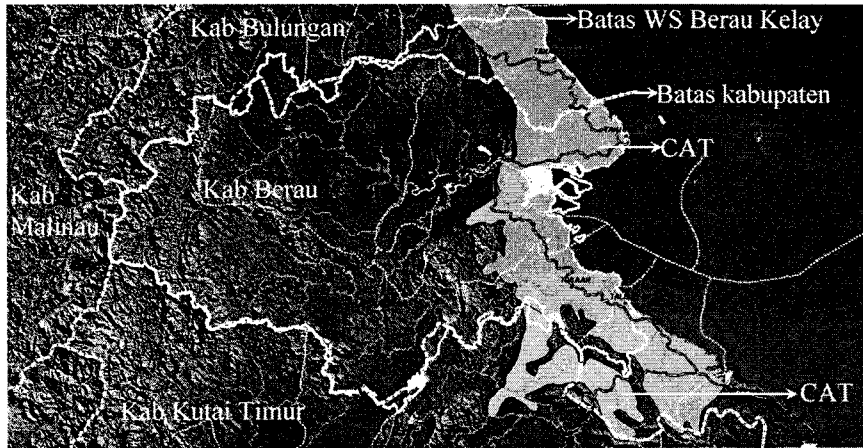
- ▪▪▪▪▪▪▪▪▪ Batas Administratif Kab
- –·–·–·· Batas DAS
- – – – – – Batas CAT

A = DAS A, satu sungai
B = DAS B → beberapa sungai menyatu
C = DAS C di hulu dua sungai menyatu
Gabungan A, B dan C = Wilayah Sungai

CAT 1 = CAT → lintas WS & lintas Kab
CAT 2 = CAT satu Kab & lintas DAS
P = Kabupaten P
Q = Kabupaten Q
IP = Ibukota Kabupaten P
IQ = Ibukota Kabupaten Q

a. DAS, CAT, wilayah sungai dan wilayah (batas) administratif kab/kota

b. Air dan alirannya dibagi dengan batas2 secara topografi, geologi dan administrasi (Wilson, 1978 dengan elaborasi)

Gambar 5-14. Ilustrasi sederhana batas-batas DAS, CAT, WS dan administratif kab/kota

Gambar 5-15 menunjukkan contoh peta suatu lokasi WS dengan DAS dan CATnya dalam wilayah administrasi.

Gambar 5-15. Contoh overlay peta administrasi Provinsi Jambi dan kabupaten/kota serta peta teknis WS Batanghari (Balai WS Sumatra VI Jambi, 2009)

Gambar 5-16. Contoh overlay batas administrasi, batas WS dan batas CAT (Dinas PU Prov Kaltim, 2009)

5.3 Infrastruktur Keairan

Dalam konteks tata ruang air, infrastruktur keairan merupakan bagian penting untuk lebih memahami tentang tata ruang air dan penataan ruang. Dalam Sub-Bab Sub-Bab berikut secara ringkas diuraikan tentang infrastruktur keairan.

5.3.1 Komponen Sumber Daya Air

Dominan manusia hidup di ruang darat, di ruang laut tak bisa hidup dan di ruang udara manusia tak bisa terbang. Namun demikian ada kegiatan-kegiatan manusia yang ada dalam ruang laut maupun ruang udara. Di ruang laut manusia dibantu dengan peralatan yang lain bisa hidup misal menggunakan kapal untuk di permukaan laut maupun kapal selam untuk di dalam laut. Di ruang udara manusia juga bisa beraktifitas dengan memanfaatkan peralatan yang bisa di udara misalnya dengan pesawat terbang.

Sumber Daya Air dalam Bahasa Inggerisnya adalah *water resources*. Dalam UU No 7 Tahun 2004 disebutkan bahwa sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya.

Sumber daya air tidak termasuk komponen infrastruktur, namun bagian-bagian dari pengelolaan sumber daya air bisa dikategorikan sebagai infrastruktur keairan, misalnya sistem air bersih, irigasi, drainase, pengendalian banjir dll.

5.3.1.1 Komponen Alami

Komponen alami dari sumber daya air dapat disebutkan antara lain: sungai, muara/estuari, rawa, danau, daerah retensi, pantai, air terjun, situ-situ, air tanah, mata air dll (lihat juga Gambar 1-15b). Masing-masing komponen terbentuk secara alami akibat dari sifat air yang mengalir dari hulu ke hilir dengan sistem gravitasi. Alam telah membentuk komponen tersebut secara seimbang sesuai dengan peran dan fungsinya masing-masing. Karena sifat air yang dinamis maka keseimbangan alam dari komponen

tersebut juga tergantung dari proses aliran air. Secara alami ada yang sudah stabil, ada yang berubah bentuk ada yang hilang. Hal tersebut dipengaruhi oleh banyak hal antara lain siklus hidrologi, kondisi geologi, kondisi wilayah dan kehidupan yang ada baik itu, hewan, tumbuh-tumbuhan dan aktifitas manusia.

5.3.1.2 Komponen Artifisial

Komponen artifisial sumber daya air merupakan bangunan air yang dibuat oleh manusia untuk suatu tujuan tertentu. Komponen artifisial itu antara lain:

- Waduk: bangunan penyimpan air. Waduk sebagai bangunan utama memiliki bangunan penunjang lainnya seperti: bangunan pelimpah (*spillway*) yang berfungsi untuk melimpahkan kelebihan air di dalam waduk, bangunan pengambilan (*intake*) berfungsi untuk pengambilan air dari waduk, pipa pesat berfungsi sebagai pembangkit listrik tenaga air, dll. Waduk dari segi konstruksinya juga ada bermacam-macam, misalnya: waduk tipe urugan, waduk beton, dll. Nama lain waduk antara lain bendungan, dam, *reservoir*.
- Embung: merupakan waduk kecil luasnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan waduk (bisa seukuran lapangan sepak bola atau lebih).
- Bendung (*weir*): berfungsi untuk membendung aliran sehingga ada perbedaan ketinggian di hulu dan hilir bendung.
- *Checkdam*, *sabo dam* (bangunan pengendali sedimen).
- Sistem drainase berfungsi untuk membuang air: baik di perkotaan (*urban*) maupun di pedesaan (*rural*).
- Sistem irigasi berfungsi untuk mengairi areal irigasi terdiri atas: bangunan pengambilan, saluran induk, saluran sekunder, saluran tersier, bangunan bagi, bangunan sadap, bangunan ukur, daerah irigasi dll.
- Jaringan air bersih terdiri dari sumber, *conveyor*, tampungan air baku, *water treatment plant* (WTP), tampungan air bersih, jaringan transmisi dan distribusi, komponen2 untuk keperluan pengguna air bersih, dll.

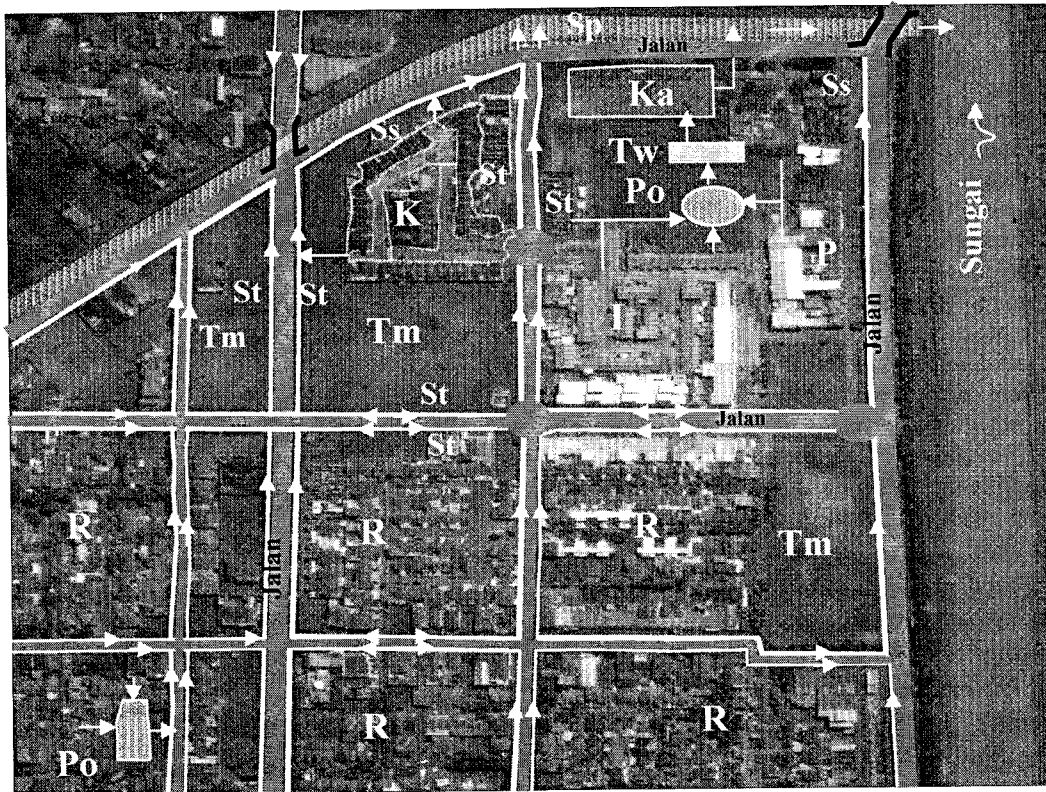
. Komponen2 tersebut dapat disebut sebagai infrastruktur keairan seperti ditunjukkan dalam Gambar 1-15b . Beberapa di antaranya diuraikan berikut ini.

5.3.2 Sistem Drainase

Air hujan yang jatuh di suatu daerah perlu dialirkan atau dibuang agar tidak terjadi genangan atau banjir. Caranya yaitu dengan pembuatan saluran yang dapat menampung air hujan yang mengalir di permukaan tanah tersebut. Sistem saluran di atas selanjutnya dialirkan ke sistem yang lebih besar. Sistem yang paling kecil juga dihubungkan dengan saluran rumah tangga, sistem bangunan infrastruktur lainnya. Sehingga apabila cukup banyak limbah cair yang berada dalam saluran tersebut perlu diolah *(treatment)*. Seluruh proses ini disebut dengan sistem drainase. Gambaran sederhana sistem drainase ditunjukkan dalam Gambar 5-17.

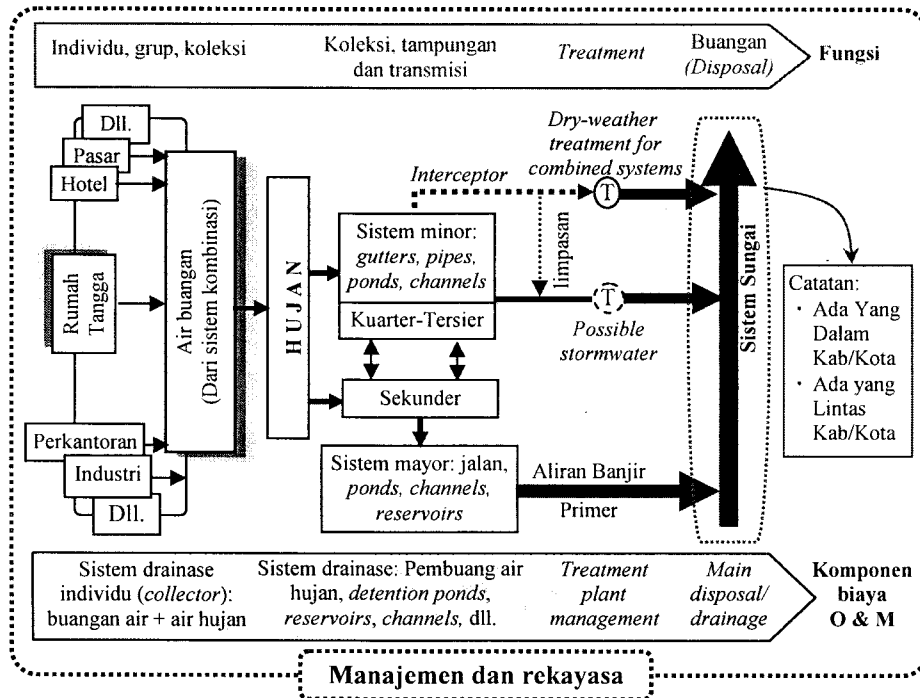
Urutan aliran drainase adalah sebagai berkut (lihat Gambar 5-17):

- Hujan turun ke kawasan perumahan (pemukiman) R, kawasan kantor K, kawasan industri I dan kawasan pabrik P dan tempat2 atau lokasi lainnya. Lalu air hujan masuk ke sistem saluran drainase kuarter kawasan.
- Dari sistem drainase kuarter air mengalir ke saluran drainase tersier (St) atau ada yang terkumpul dulu di polder (Po) baru ke St.

- Yang ideal air kotor bisa dikumpulkan di polder (Po) lebih dahulu dan lalu dibersihkan (*treatment*) di *treatment waste water* (Tw) terutama untuk kawasan yang membuang limbah cair (misal pabrik) baru kemudian dialirkan ke kolam air bersih (Ka) dan akhirnya kelebihan air baru didrainase ke saluran pembuang (bisa lewat St, Ss lalu Sp).
- Dari sistem saluran drainase tersier (St) aliran dialirkan ke saluran drainase sekunder (Ss).
- Semua aliran dari saluran drainase sekunder dialirkan ke saluran drainase primer (Sp) dan akhirnya dialirkan ke sungai. Bila sudah di*treatment* air yang masuk ke sungai sudah (relatif) bersih.

Keterangan gambar:

Po = polder	I = kaw industri	Ss = Sal drainase sekunder
R = perumahan	K = kaw perkantoran	Sp = Sal drainase primer
Tm = taman	J = jembatan	Tw= *treatment waste water*
P = kaw pabrik	St= Sal drainase tersier	Ka = kolam air bersih

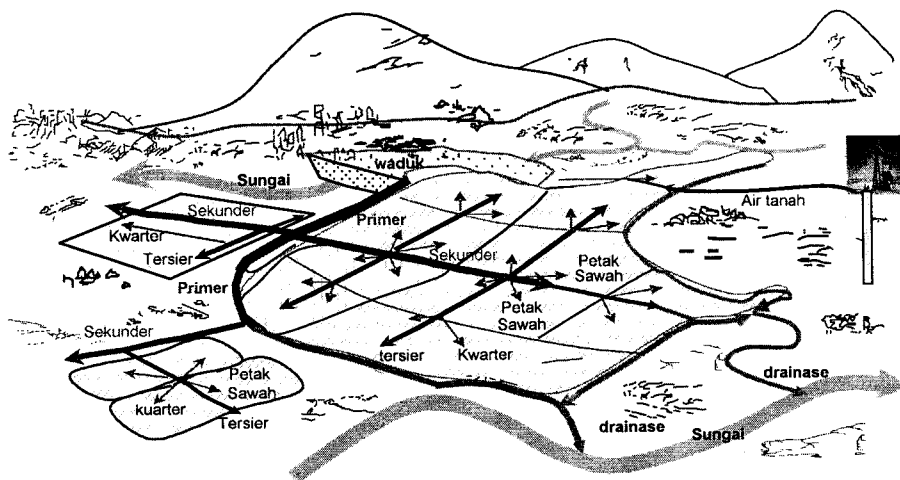
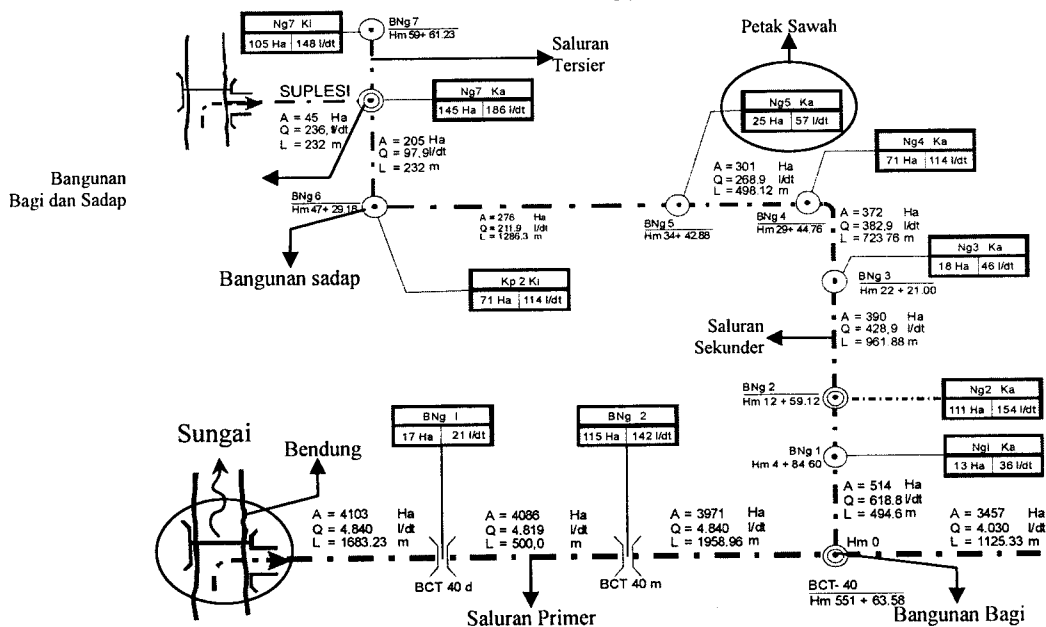
Gambar 5-17. Gambaran sederhana (tampak atas) drainase perkotaan (Google Earth dengan modifikasi)

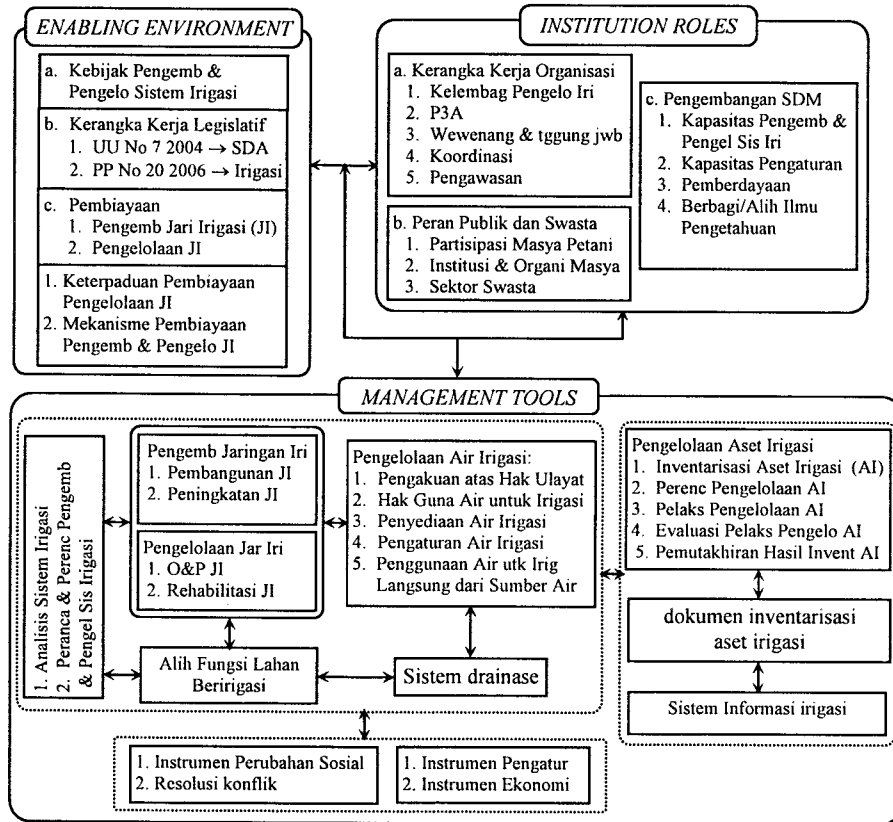
Secara diagram proses sistem drainase diilustrasikan dalam Gambar 5-18.

Gambar 5-18. Diagram sederhana konfigurasi sistem drainase perkotaan (Grigg, 1996 dengan modifikasi)

5.3.3 Sistem Irigasi

Gambaran irigasi mulai dari sumber air sampai pada pemberian air ke petak-petak sawah umumnya meliputi:

1. Sumber air, diantaranya: danau, situ, embung, waduk, bendung di sungai, air tanah.
2. Pengambilan (*intake*).
3. Saluran primer: di awalnya ada kantong lumpur untuk membersihkan sedimen yang masuk dan dibuang/dialirkan (biasanya) ke sungai di hilir pengambilan secara periodik.
4. Dari saluran primer, air dibagi dengan pintu pembagi menjadi saluran sekunder. Untuk memastikan debit ke masing-masing saluran pembagi maka disamping pintu pembagi juga dilengkapi dengan alat ukur debit.
5. Dari saluran sekunder ke saluran tersier kemudian ke saluran kwarter atau langsung ke sawah.
6. Dari sawah air dibuang melalui drainase dan kembali ke sungai.

Uraian tersebut diilustrasikan dalam Gambar 5-19. Sedangkan secara skematis sistem irigasi mulai dari bendung, saluran-saluran primer, sekunder dan tersier ditunjukkan dalam Gambar 5-20.

Gambar 5-19. Sistem Irigasi pada umumnya (Ditjen Pengairan, 1986; Grigg, 1996)

Gambar 5-20. Contoh Skema Irigasi (Balai PSDA Bengawan Solo, 2003 yang dimodifikasi)

Berdasarkan PP NO 20 Tahun 2006 Tetang Irigasi (yang dielaborasi), secara sederhana pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi ditunjukkan dalam Gambar 5-21.

Gambar 5-21. Pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi

5.3.4 Sistem Air Bersih

5.3.4.1 Umum

Secara umum pengelolaan dan proses infrastruktur untuk *water supply system* dapat dijelaskan berikut ini (Kodoatie & Sjarief, 2005).

a. Pendayagunaan sumber daya air:

- Sumberdaya air permukaan (sungai, danau, waduk, dll.)
- Sumberdaya air tanah (sumur untuk *unconfined aquifer*, pompa untuk *confined aquifer*, dll.)

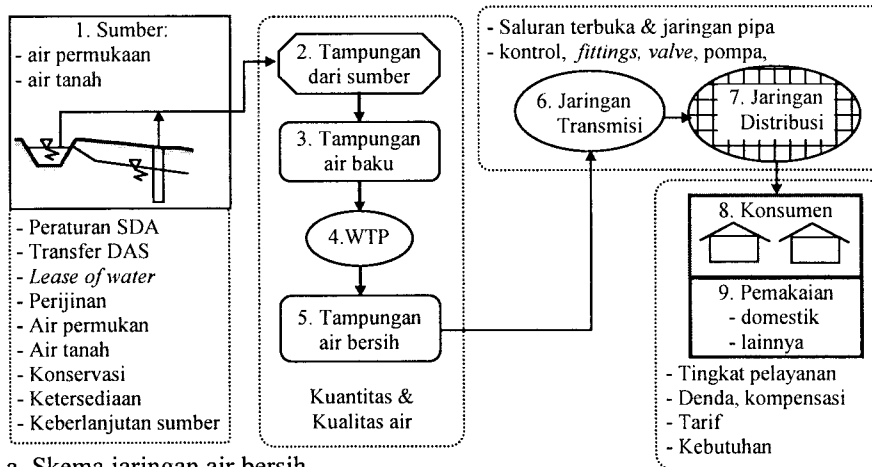
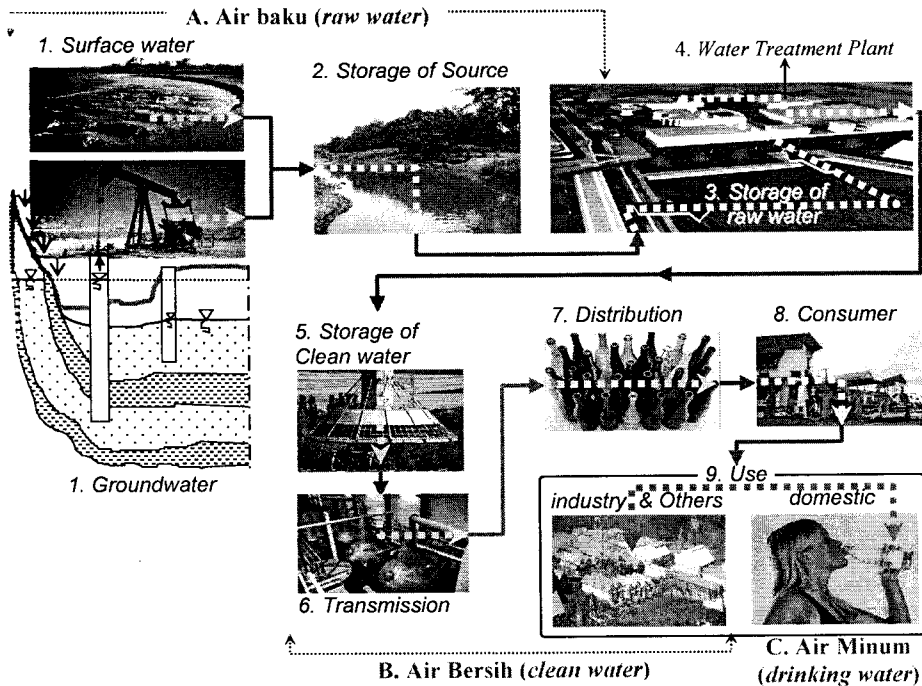
b. Pengolahan (*Water Treatment Plant*/ WTP): Untuk memenuhi suatu kualitas air tertentu dan dalam rangka peningkatan nilai tambah dari air, maka air dari sumber pada umumnya harus melalui proses pengolahan (*treatment*) berupa:
  - o Penjernihan dari partikel lain (s*edimentation, flocculation, filtration*, dll)
  - o Pengontrolan bakteria air (*disinfection, ultra violet ray, ozone treatment*, dll)
  - o Komposisi kimia air (*aeration, iron dan manganese removal, carbon activated*, dll).

c. Penampungan (*Storage*):
  - o Penampungan air baku (waduk, kolam, sungai/ *long storage* dll.)
  - o Penampungan air bersih sesudah *treatment* (tangki tertutup, kolam terbuka)

d. Transmisi:
  - o Truk Tangki, kapal tanker dan moda lain, (ada risiko kehilangan, tidak dapat menjamin: ketepatan waktu, debit konstan ataupun kualitas air baik).
  - o Jaringan pipa transmisi dari primer ke sekunder
  - o Bak pelepas tekan untuk daerah dengan perbedaan topografi yang besar dari hulu ke hilir
  - o Pompa untuk menaikkan tekanan dari wilayah rendah ke tinggi
  - o Pipa (minimum kehilangan, lebih dapat menjamin: ketepatan waktu, debit konstan ataupun kualitas air baik)

e. Jaringan distribusi ke pelanggan

o Sistem jaringan pipa	o *Fittings*	o *Valve*
o Sistem tampungan	o Kontrol	o Pompa

Gambar 5-22 berikut menunjukkan sistem (dasar) *water supply* pada umumnya mulai dari sumber air sampai pada pemakainya (*user*) (Grigg, 1996; Kodoatie & Sjarief, 2005).

a. Skema jaringan air bersih

b. Ilustrasi jaringan air bersih

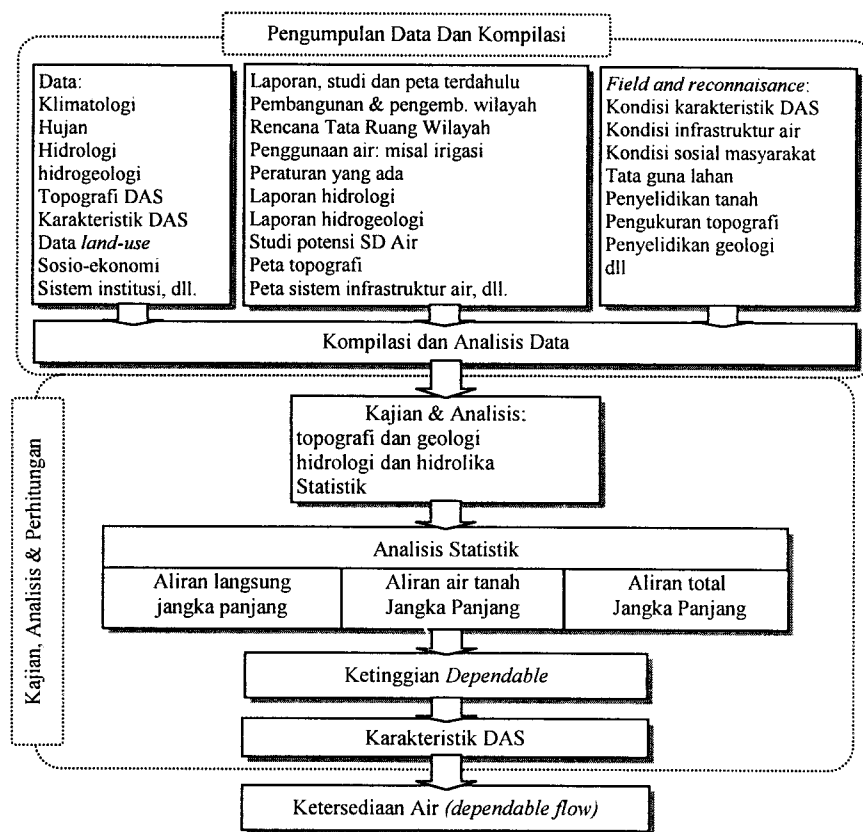
Gambar 5-22. Sistem jaringan air bersih sederhana (Grigg, 1996 dengan modifikasi)

Sumber air yang dapat digunakan dapat berasal dari:

1. Air Permukaan: sumber air permukaan antara lain: sungai, danau, rawa, situ, embung, ranu, waduk, telaga.
2. Air Tanah: Sumber air tanah antara lain: cekungan air tanah yang bisa terdiri atas *confined aquifer* dan *unconfined aquifer*, mata air (*spring*).

Air baku dari sumbernya disimpan lalu diolah di WTP untuk menjadi air bersih. Air bersih ini disimpan dan ditransmisikan ke distribusi dan dialirkan ke konsumen sesuai kebutuhannya.

5.3.4.2 Ketersediaan air dari air permukaan dan air tanah

Ketersediaan air permukaan merupakan hasil dari siklus hidrologi yang berupa *run-off* dari air hujan yang membentuk suatu sistem aliran permukaan seperti sungai, danau, rawa. Pendekatan umum ketersediaan air permukaan dapat dijelaskan dalam Gambar 5-23 berikut ini:

Gambar 5-23. Pendekatan umum perhitungan ketersediaan air (Kodoatie & Sjarief, 2004)

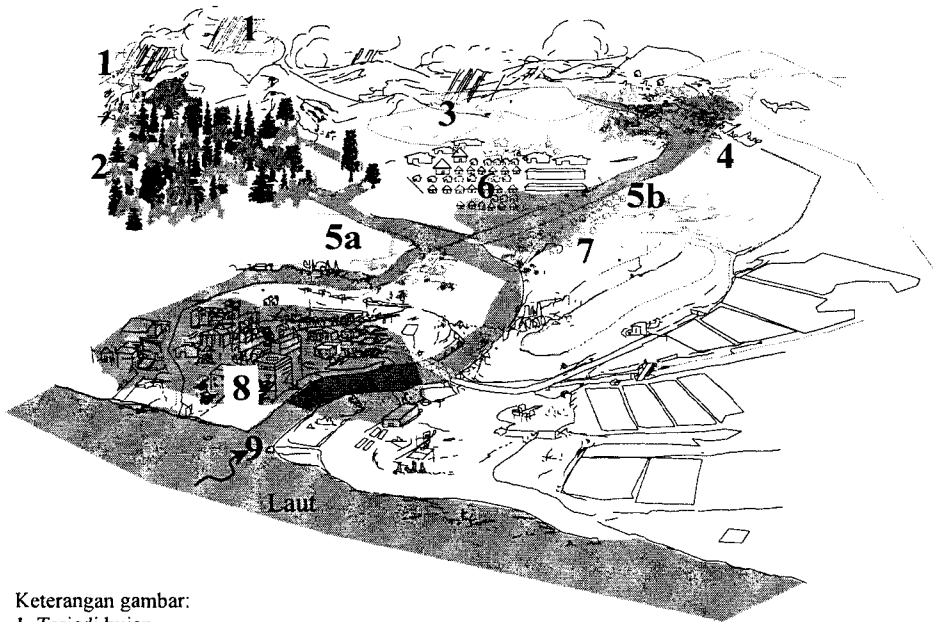
Ketersediaan air permukaan tidak hanya pada sungai, danau, waduk, rawa dll., tetapi juga pada lapisan *vadose zone* yaitu daerah antara permukaan sampai muka air tanah bebas (*unconfined aquifer*). Proses masuknya *run-off* air hujan ke dalam tanah adalah melalui infiltrasi dan perkolasi, yang kemudian menjadi air tanah. Pada saat terjadi peristiwa infiltrasi, air dari permukaan yang masuk ke lapisan tanah berada di *vadoze zone/unsaturated zone* (Hunt, 1984). Pada saat kandungan air di *unsaturated zone* maksimal (mencapai *field capacity*), maka secara gravitasi air akan mengalami perkolasi dan menuju ke *saturated zone* yang kemudian disebut air tanah (US. Department of Interior, 1979). Gambar 5-24 menunjukkan siklus hidrologi detail di daerah *vadose zone.*

Keterangan gambar:

1. Penguapan (evaporasi)
2. Evapotranspirasi
3. Hujan (air atau salju)
4. Air mengalir lewat batang tanaman atau jatuh langsung dari tanaman
5. Aliran di muka tanah (*over land flow*) atau aliran permukaan/*run-off*
6. Banjir atau genangan
7. Aliran jaringan sungai (*river flow*)
8. Transpirasi
9. Kenaikan kapiler
10. Infiltrasi
11. Aliran antara (*interflow*)
12. Aliran dasar (*baseflow*)
13. Aliran *runout*
14. Perkolasi
15. Kenaikan kapiler

Gambar 9-24. Siklus hidrologi dengan penonjolan vadose zone (Toth, 1990; Chow dkk., 1988; Beven, 2003; Driscoll, 1986; Todd and Mays, 2005 dengan modifikasi)

9.3.5 Sistem Pengendali Banjir

Berikut dalam Gambar 5-25 diilustrasikan dengan sederhana terjadinya banjir.

Keterangan gambar:
1. Terjadi hujan.
2. Hujan jatuh di hutan, terjadi penahanan *run-off* di hutan, semakin lebat penutup vegetasi maka *run-off* semakin kecil.
3. Hujan juga jatuh di daerah hutan yang sudah gundul. *Run-off* besar dan juga mengakibatkan erosi lahan, *run-off* membawa air dan sedimen hasil erosi.
4. Terjadi banjir di daerah hulu atau daerah *rural* akibat hutan gundul.
5. Peningkatan debit di sungai: Sungai 5a peningkatan debit kecil dan sedimen juga kecil karena DAS masih hutan. Sungai 5b peningkatan debit besar dengan membawa sedimen hasil erosi di hulu karena hutan gundul (lihat 3).
6. Hujan juga jatuh di pemukiman dan daerah industri. *Run-off* besar tapi sedimen kecil.
7. Terjadi banjir dari 6 dan dari 5b.
8. Di kota terjadi banjir akibat kota sudah berkembang pesat dan tata guna lahan berubah, kawasan terbuka hijau mengecil.
9. Banjir di 8 semakin parah karena ada pasang air laut.

Gambar 5-25. Ilustrasi sederhana proses terjadinya banjir

Banjir dan genangan yang terjadi di suatu lokasi diakibatkan antara lain oleh sebab-sebab berikut ini (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002):

1. Perubahan tata guna lahan (*land-use*) di daerah aliran sungai (DAS)
2. Pembuangan sampah
3. Erosi dan sedimentasi
4. Kawasan kumuh di sepanjang sungai/ drainase
5. Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat
6. Curah hujan
7. Pengaruh fisiografi/geofisik sungai
8. Kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai
9. Pengaruh air pasang

10. Penurunan tanah dan rob (genangan akibat pasang air laut)
11. Drainase lahan
12. Bendung dan bangunan air
13. Kerusakan bangunan pengendali banjir

Bilamana diklasifikasikan oleh tindakan manusia dan yang disebabkan oleh alam maka penyebab di atas dapat disusun sebagai berikut. Yang termasuk sebab-sebab banjir karena tindakan manusia adalah:

1. Perubahan tata guna lahan (*land-use*) di daerah aliran sungai (DAS)
2. Pembuangan sampah
3. Erosi dan sedimentasi
4. Kawasan kumuh di sepanjang sungai/ drainase
5. Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat
6. Pengaruh fisiografi/geofisik sungai
7. Kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai
8. Penurunan tanah dan rob (genangan akibat pasang air laut)
9. Drainase lahan
10. Bendung dan bangunan air
11. Kerusakan bangunan pengendali banjir

Yang termasuk sebab-sebab alami diantaranya adalah:

1. Curah hujan
2. Pengaruh fisiografi/geofisik sungai
3. Kapasitas sungai
4. Pengaruh air pasang
5. Penurunan tanah dan rob
6. Kerusakan bangunan pengendali banjir (oleh bencana alam)

Ada 4 strategi dasar untuk pengelolaan banjir yang meliputi (Grigg, 1996):

- modifikasi kerentanan dan kerugian banjir (penentuan zona atau pengaturan tata guna lahan).
- pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariannya seperti penghijauan.
- modifikasi dampak banjir dengan penggunaan teknik mitigasi seperti asuransi, penghindaran banjir (*flood proofing*).
- modifikasi banjir yang terjadi (pengurangan) dengan bangunan pengontrol (waduk) atau normalisasi sungai.

Tabel 5-7 menunjukkan penyebab banjir dan prioritasnya.

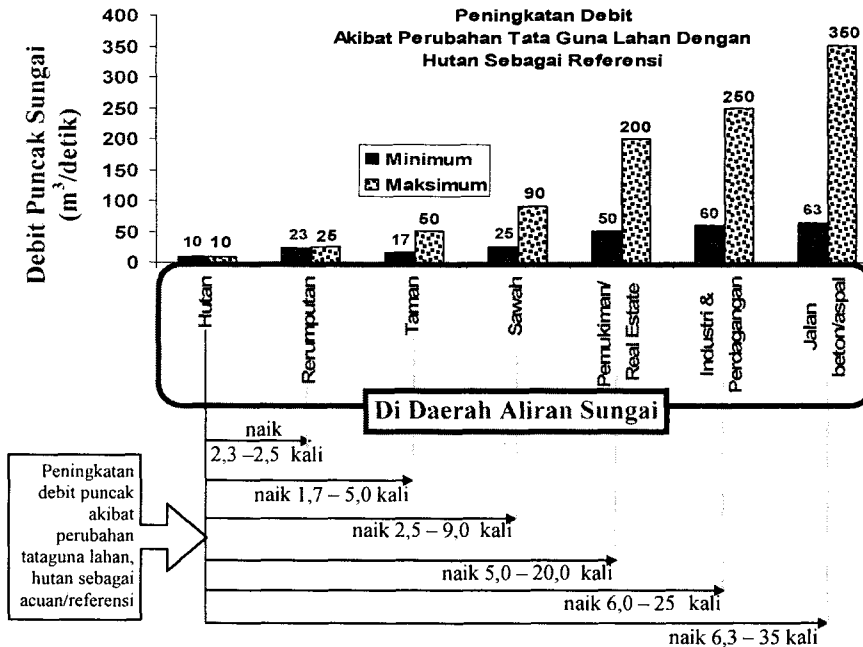
Tabel 5-7. Penyebab banjir dan prioritasnya (Kodoatie & Sjarief, 2005)

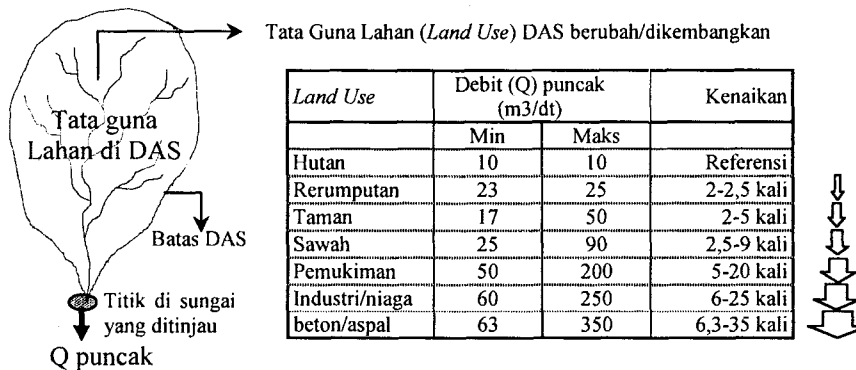
No. (Prioritas)	Penyebab Banjir	Alasan Mengapa Prioritas	Penyebab oleh alam atau manusia
1.	Perubahan tata guna lahan	Debit Puncak naik dari 5 sampai 35 kali karena di DAS tidak ada yang menahan maka aliran air permukaan (*run off*) menjadi besar, sehingga berakibat debit di sungai menjadi besar dan terjadi erosi lahan yang berakibat sedimentasi di sungai sehingga kapasitas sungai menjadi turun	manusia
2.	Sampah	Sungai atau drainase tersumbat dan jika air melimpah keluar karena daya tampung saluran berkurang	manusia
3.	Erosi dan Sedimentasi	Akibat perubahan tata guna lahan, terjadi erosi yang berakibat sedimentasi masuk ke sungai sehingga daya tampung sungai berkurang. Penutup lahan vegetatif yang rapat (misal semak-semak, rumput) merupakan penahan laju erosi paling tinggi	manusia dan alam
4.	Kawasan kumuh sepan jang sungai	Dapat merupakan penghambat aliran, maupun daya tampung sungai. Masalah kawasan kumuh dikenal sebagai faktor penting terhadap masalah banjir daerah perkotaan.	manusia
5.	Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat	Sistem pengendalian banjir memang dapat mengurangi kerusakan akibat banjir kecil sampai sedang, tapi mungkin dapat menambah kerusakan selama banjir besar. Misal: bangunan tanggul sungai yang tinggi. Limpasan pada tanggul waktu banjir melebihi banjir rencana menyebabkan keruntuhan tanggul, kecepatan air sangat besar yang melalui bobolnya tanggul sehingga menimbulkan banjir yang besar.	manusia
6.	Curah hujan	Pada musim penghujan, curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan banjir di sungai dan bilamana melebihi tebing sungai maka akan timbul banjir atau genangan termasuk bobolnya tanggul. Data curah hujan menunjukkan maksimum kenaikan debit puncak antara 2 sampai 3 kali	alam
7.	Pengaruh Fisiografi	Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi dan kemiringan Daerah Aliran Sungai (DAS), kemiringan sungai, geometrik hidrolik (bentuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan memanjang, material dasar sungai), lokasi sungai dll.	alam dan manusia
8a.	Kapasitas sungai	Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat disebabkan oleh pengendapan berasal dari erosi DAS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai itu karena tidak adanya vegetasi penutup dan adanya penggunaan lahan yang tidak tepat	manusia dan alam
8.b	Kapasitas Drainasi yang tak memadai	Karena perubahan tata guna lahan maupun berkurangnya tanaman/vegetasi serta tindakan manusia mengakibatkan pengurangan kapaistas saluran/sungai sesuai perencanaan yang dibuat	manusia
9.	Pengaruh air pasang	Air pasang memperlambat aliran sungai ke laut. Waktu banjir bersamaan dengan air pasang tinggi maka tinggi genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi aliran balik (*backwater*). Hanya pada daerah pantai seperti Pantura, Jakarta dan Semarang	alam
10	Penurunan tanah & rob	Penurunan tanah terjadi akibat antara lain: konsolidasi tanah, pengurukan tanah, pembebanan bangunan berat, pengambilan air tanah berlebihan dan pengerukan di sekitar pantai	alam dan manusia
11	Drainasi lahan	Drainasi perkotaan & pengembangan pertanian daerah bantaran banjir mengurangi kemampuan bantaran dalam menampung debit air tinggi.	manusia
12	Bendung dan bang. air	Bendung dan bangunan lain seperti pilar jembatan dapat mening-katkan elevasi muka air banjir karena efek aliran balik (*backwater*).	manusia
13	Kerusakan ba-ngunan peng-dali banjir	Pemeliharaan yang kurang memadai dari bangunan pengendali banjir sehingga menimbulkan kerusakan dan akhirnya tidak berfungsi dapat meningkatkan kuantitas banjir.	manusia dan alam

Perubahan tata guna lahan merupakan penyebab utama banjir dibandingkan dengan yang lainnya. Sebagai contoh, apabila suatu hutan yang berada dalam suatu daerah aliran sungai diubah menjadi pemukiman, maka debit puncak sungai akan meningkat antara 6 sampai 20 kali. Angka 6 dan angka 20 ini tergantung dari jenis hutan dan jenis pemukiman. Demikian pula untuk perubahan yang lainnya maka akan terjadi peningkatan debit puncak yang signifikan.

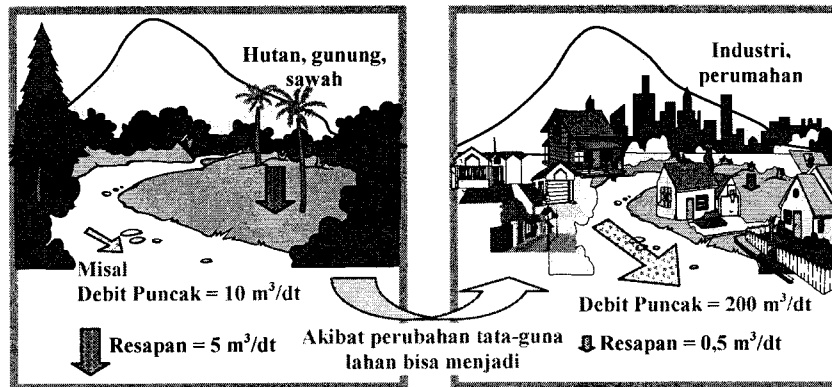
Perlu pula diketahui bahwa perubahan tata guna lahan memberikan kontribusi dominan kepada aliran permukaan (*run-off*). Hujan yang jatuh ke tanah airnya akan menjadi aliran permukaan dan sebagian

meresap ke dalam tanah tergantung kondisi tanahnya menjadi air tanah untuk daerah CAT. Namun hanya menjadi air permukaan untuk daerah Non-CAT.

Secara kuantitatif pengaruh perubahan tata guna lahan dan contohnya ditunjukkan dalam Gambar 5-26 dan Gambar 5-27.

a. Peningkatan debit puncak suatu sungai akibat perubahan tata guna lahan

Land Use	Debit (Q) puncak (m3/dt)		Kenaikan
	Min	Maks	
Hutan	10	10	Referensi
Rerumputan	23	25	2-2,5 kali
Taman	17	50	2-5 kali
Sawah	25	90	2,5-9 kali
Pemukiman	50	200	5-20 kali
Industri/niaga	60	250	6-25 kali
beton/aspal	63	350	6,3-35 kali

b. Penggambaran peningkatan debit puncak seperti yang dijelaskan di a.

Gambar 5-26. Peningkatan debit puncak akibat perubahan tata guna lahan (Raudkivi, 1979; Subarkah, 1980; Schwab dkk., 1981; Loebis, 1984 yang dimodifikasi dan dielaborasi)

Contoh:

Gambar 5-27. Ilustrasi sederhana perubahan debit akibat perubahan tata guna lahan di daerah CAT (Kodoatie, 2003)

Suatu kawasan hutan bila diubah menjadi permukiman maka yang terjadi adalah bahwa hutan yang bisa menahan *run-off* cukup besar diganti menjadi pemukiman dengan resitensi *run-off* yang kecil. Akibatnya ada peningkatan aliran permukaan tanah yang menuju sungai dan hal ini berakibat adanya peningkatan debit sungai yang besar. Apabila kondisi tanahnya relatif tetap, air yang meresap ke dalam tanah akan relatif tetap.

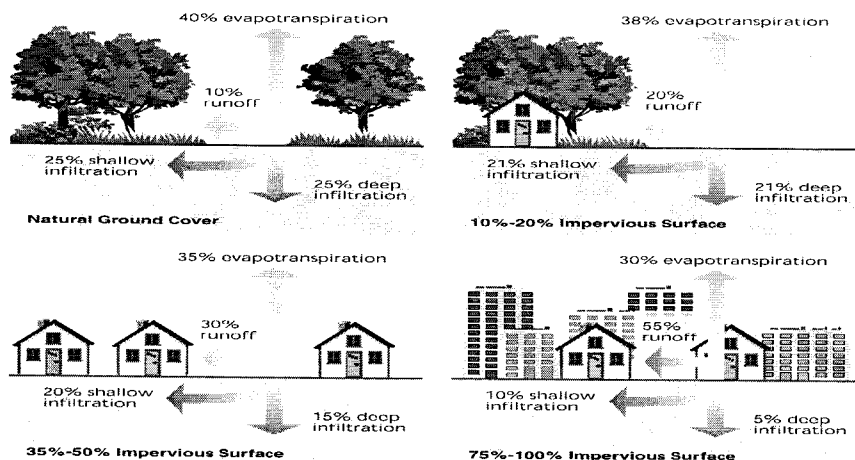
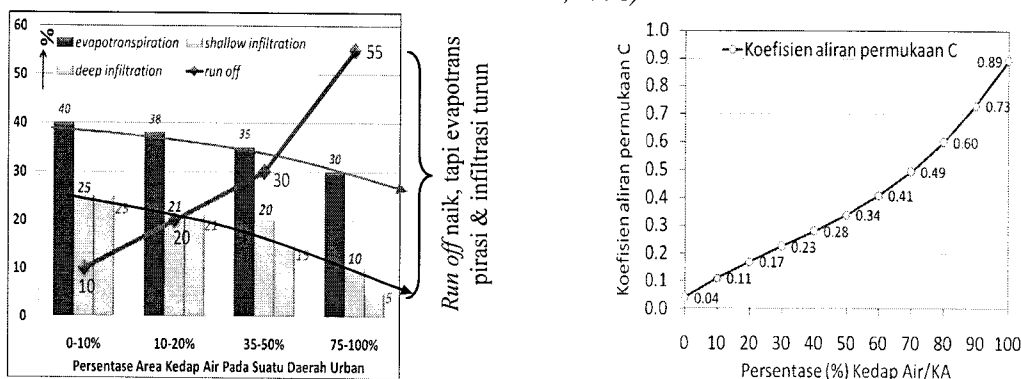
Sudah sering ada pernyataan bahwa "apabila hutan digunduli, resapannya hilang terjadilah banjir". Pernyataan ini kurang tepat, seharusnya yang perlu disampaikan adalah "apabila hutan digunduli maka *run-off* (aliran permukaan) akan meningkat signifikan dan terjadilah banjir". Resapan yang masuk ke dalam tanah relatif tetap karena jenis tanahnya tidak berubah. Namun kuantitas resapan menjadi lebih kecil karena di atas tanah yang bisa meresap air berubah menjadi bangunan permanen yang yang kedap air (lihat Gambar 2-7).

Hubungan antara *run-off* dan resapan mempunyai perbedaan tingkat besaran (*order of magnitude*) yang besar. Bila yang dibicarakan adalah *run-off* maka, kecepatan air berkisar dari 0,1–1 m/detik bahkan bisa mencapai 10 m/detik tergantung dari kemiringan lahan tinggi aliran, penutup lahan (Kodoatie & Sjarief, 2005).

Bila yang dibicarakan adalah resapan maka kecepatan air yang meresap ke dalam tanah tergantung dari jenis tanah. Bila jenis tanah lempung (*clay*), kecepatan aliran (konduktifitas hidraulik) sangat kecil berkisar antara 1/1.000.000.000.000 sampai 1/1000.000.000 m/detik (10^{-13} sampai 10^{-9} m/detik), sedangkan bila jenis tanah lanau (*silt*) maka kecepatan aliran berkisar antara 1/100.000.000–1/10.000 m/detik (10^{-8} sampai 10^{-4} m/detik). Bila jenis pasir maka kecepatan aliran berkisar antara 1/100.000 – 1/100 m/detik (10^{-5} sampai 10^{-2} m/detik). Tabel 5-27 dalam Sub-Bab 5.11.1 menunjukkan konduktifitas hidraulik untuk berbagai jenis tanah.

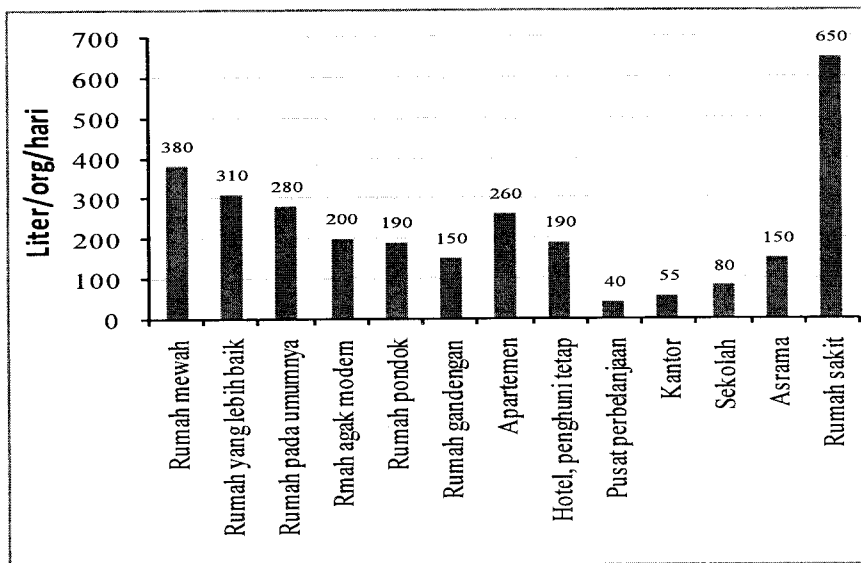
Oleh karena itu faktor penutup lahan cukup signifikan dalam pengurangan ataupun peningkatan aliran permukaan. Hutan yang lebat mempunyai tingkat penutup lahan yang tingi, sehingga apabila hujan turun ke wilayah hutan tersebut, faktor penutup lahan ini akan memperlambat kecepatan aliran

permukaan, bahkan bisa terjadi kecepatannya mendekati nol. Ketika suatu kawasan hutan berubah menjadi pemukiman, maka penutup lahan kawasan ini akan berubah menjadi penutup lahan yang tidak mempunyai resistensi untuk menahan aliran. Yang terjadi ketika hujan turun, kecepatan air akan meningkat sangat tajam di atas lahan ini. Namun resapan air yang masuk ke dalam tanah relatif tetap kecuali lahannya berubah. Kuantitas totalnya berubah karena tergantung dari luasan penutup lahan.

Hubungan antara penutup kedap air dan aliran permukaan dengan besaran yang terkecil 10 % penutup kedap dalam DAS dapat mengakibatkan degradasi sungai (FISRWG, 1998). Berikut ini (Gambar 5-28 dan Gambar 5-29) diberikan gambaran tentang perubahan *run-off* akibat perubahan tata guna lahan tersebut.

Gambar 5-28. Perubahan run-off akibat perubahan lahan menjadi permukaan kedap air (EPA, 1993; FISRWG, 1998)

Gambar 5-29. Pengaruh kedap air terhadap peningkatan run-off, penurunan evaptransipirasi dan infiltrasi serta koeefisien aliran C (EPA, 1993; FISRWG, 1998; Urbanos dkk., 1990)

Pengendalian banjir dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara struktur dan non struktur. Pengelolaan banjir terpadu dibahas pada Sub-Bab 10.12.

5.3.6 Sistem Air Limbah

Air limbah domestik adalah air bekas yang tidak dapat dipergunakan lagi untuk tujuan semula baik yang mengandung kotoran manusia (tinja) atau dari aktifitas dapur, kamar mandi dan cuci. Rata-rata air limbah dari berbagai jenis utilitas ditunjukkan dalam Gambar 5-30.

Gambar 5-30. Pengeluaran air limbah
(Metcalf & Eddy, 1979 dalam Sugiharto, 1987)

Air limbah domestik mengandung lebih dari 90 % cairan. Zat-zat yang terdapat dalam air buangan di antaranya adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut seperti protein, karbohidrat dan lemak dan juga unsur-unsur anorganik seperti butiran, garam dan metal serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberikan corak kualitas air buangan dalam sifat fisik kimiawi maupun biologi (Fair et al., 1979; Sugiharto, 1987).

Kualitas/sifat fisik air buangan domestik pada umumnya dinyatakan dalam Temperatur, Warna, Bau dan Kekeruhan. Sifat-sifat tersebut dapat dilihat pada Tabel 5-8.

Tabel 5-8. Karakteristik fisik air buangan domestik (LPM-ITB, 1994)

Parameter	Penjelasan
Temperatur	Suhu dari air buangan biasanya sedikit lebih tinggi dari air minum. Temperatur ini dapat mempengaruhi aktifitas microbial, solubilitas dari gas dan viskositas.
Warna	Air buangan segar biasanya berwarna agak abu2. Dalam kondisi *septic* air buangan akan berwarna hitam.
Bau	Air buangan segar biasanya mempunyai bau seperti sabun atau bau lemak. Dalam kondisi septic akan berbau Sulfur dan kurang sedap.
Kekeruhan	Kekeruhan pada air buangan sangat tergantung sekali pada kandungan zat padat tersuspensi. Pada umumnya air buangan yang kuat mempunyai kekeruhan tinggi.

Komponen-komponen sistem pengelolaan air limbah ditunjukkan dalam Gambar 5-31.

Individu, grup Pengumpul transmisi *Treatment* *Buangan*
Fungsi
Dll.
Pasar
Hotel
Rumah Tangga
Industri
kantor
Dll.
Jaringan Distribusi Air buangan (dari sistem kombinasi)
Pengumpul (*Collector*)
transmisi
Air Hujan
Overflow
Pembagi air bersih & kotor
air limbah
Pengolahan (*treatment*)
limbah
Pengumpul limbah
Air bersih
Air bersih
Sistem Sungai
Catatan:
Ada Yang Dalam Kab/Kota
Ada yang Lintas Kab/Kota
individual waste water drains *distributions* *sewers, manholes,* pompa *main sewers* *Treatment Plant*
Komponen biaya O & M
Manajemen dan Rekayasa

Gambar 5-31. Sistem air limbah dan pengolahannya pada umumnya (Grigg, 1996; Fair et al., 1971 dengan modifikasi)

Kualitas/sifat kimiawi dari air buangan domestik biasanya dinyatakan dalam bentuk organik dan anorganik dan biasanya dengan perbandingan 50 % zat organik dan 50 % zat anorganik. Komposisi tipikal dari air buangan domestik dapat dilihat pada Tabel 5-9.

Tabel 5-9. Karakteristik kimiawi air buangan domestik (LPM-ITB, 1994)

Parameter	Konsentrasi (mg/L)		
	Kuat	Medium	Lemah
Total zat padat (TS)	1200	720	350
- Zat padat terlarut (DS)	850	500	250
- Zat padat tersuspensi (SS)	350	220	100
BOD5	400	220	110
TOC	290	160	80
COD	1000	500	250
N total	85	40	20
P total	15	8	4
Cl^-	100	50	30
Alkalinity (Ca CO_3)	200	100	50
Lemak	150	100	50

Air limbah memberikan efek dan gangguan buruk baik terhadap manusia maupun lingkungan. Efek buruk dan gangguan antara lain (Sugiharto, 1987): gangguan terhadap kesehatan, keindahan dan benda.

Terhadap keindahan, air limbah meninggalkan ampas dan bau yang tidak sedap dan terhadap benda air limbah bisa menimbulkan korosi (karat).

Air limbah mempunyai pengaruh yang berbeda–beda terhadap kesehatan individu manusia. Faktor - faktor yang terkait dengan pengaruh limbah terhadap kesehatan, antara lain:

- Daya tahan tubuh.
- Jenis limbah dan jumlah dosis yang diterima pada tubuh.
- Akumulasi dosis limbah dalam tubuh.
- Sifat - sifat racun (*toxic*) dari limbah terhadap tubuh.
- Mudah tidaknya limbah dicerna dan dikeluarkan dari tubuh.
- Waktu kontak (lama tidaknya) berada dalam lingkungan limbah.
- Alergi (tubuh sensitif) terhadap limbah dalam bentuk tertentu seperti: bau debu atau cairan.

Berikut disampaikan bahan buangan dan pengaruhnya terhadap kesehatan:

- Amoniak dalam konsentrasi 0,3 ppm dapat menurunkan kandungan oksigen dalam darah.
- Nitrit mempunyai pengaruh yang dapat mengikat haemoglobin dalam darah dan akan menghambat perjalanan oksigen yang dibutuhkan dalam tubuh manusia.
- Sulfida mempunyai pengaruh bau dan bersifat racun.
- *Chromium* dan *Fenol* menyebabkan gangguan tubuh pada dosis 0,4 sampai dengan 0,8 ppm.
- *Chlorine* mempunyai pengaruh gangguan terhadap sistem pernafasan dan selaput mata.
- *Phosgenes* mempunyai pengaruh gangguan tubuh berupa batuk dan gatal pada paru-paru.

Pembuangan air limbah ke badan air dengan kandungan beban COD dan BOD di atas 200 mg/liter akan menyebabkan turunnya jumlah oksigen dalam air. Kondisi tersebut mempengaruhi kehidupan biota pada badan air terutama biota yang hidupnya tergantung pada oksigen terlarut di air. Hal tersebut di atas menyebabkan berkurangnya potensi yang dapat digali dari sumber daya alam badan air yang telah tercemar COD dan BOD. Pengaruh lain adanya kandungan COD dan BOD dalam air yang melebihi batas waktu 18 jam, akan menyebabkan penguraian (degradasi) secara *anaerob* sehingga menimbulkan bau dan kematian ikan dalam air.

Pembuangan lumpur ke badan air akan meningkatkan *suspended solid* yang mudah mengendap, terutama pada musim kemarau di mana aliran air mempunyai kecepatan yang rendah, kondisi tersebut akan mengakibatkan sedimentasi yang berakibat pendangkalan badan air penerima.

Pencemaran air dapat menjadi makin luas, tergantung dari kemampuan badan air penerima polutan untuk mengurangi kadar polutan secara alami. Apabila kemampuan badan air tersebut rendah dalam mereduksi kadar polutan, maka akan terjadi akumulasi polutan dalam air sehingga badan air akan menjadi tropic. Dampak terhadap badan air, limbah industri, dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Sugiharto, 1987):

1. Zat organik terlarut
   Yang menyebabkan menurunnya kadar Oksigen terlarut di dalam badan air sehingga badan air tersebut mengalami kekurangan oksigen yang sangat diperlukan oleh kehidupan air (*aquatic life*) dan menyebabkan menurunnya kualitas badan air tersebut.
2. Zat Padat tersuspensi
   Pengendapan zat padat ini di dalam dasar badan air akan mengganggu kehidupan di dalam badan air tersebut. Juga endapan solid di dasar badan air akan mengalami dekomposisi yang menyebabkan

menurunnya kadar oksigen terlarut di samping menimbulkan bau busuk dan pemandangan yang tidak sedap.

3. Nitrogen dan phospor
   Kedua unsur ini juga disebut nutrien yang apabila masuk ke dalam badan air yang relatif diam seperti telaga, waduk, kolam, dll. akan menyebabkan tumbuhnya ganggang dengan cepat sehingga menurunkan kualitas badan air tersebut.
4. Minuman dan bahan-bahan terapung
   Yang menyebabkan kondisi tidak sedap dan terganggunya penetrasi sinar matahari serta masuknya oksigen dan udara ke dalam badan air tersebut (*aerasi*).
5. Logam berat cyanida dan racun organik
   Unsur-unsur tersebut sangat merusak *aquatic life* dan membahayakan kesehatan manusia.
6. Warna kekeruhan
   Baik warna dan kekeruhan sangat mempengaruhi estetika walaupun belum tentu membahayakan kehidupan di dalam air (*aquatic life*) atau kesehatan manusia.
7. *Organic tracer*
   Termasuk dalam kategori *tracer* adalah phenol yang menyebabkan air berbau dan rasa tidak enak, khususnya apabila badan air tersebut dipergunakan sebagai air baku air minum.
8. Bahan yang tidak mudah mengalami dekomposisi biologis (*Refactory Subtances*)
   Sebagai contoh adalah ABS (*Alkil Benzene Sulfanate*) bahan utama pembuatan detergen yang tidak mudah mengalami dekomposisi biologis yang menyebabkan timbulnya busa di permukaan badan air.
9. Bahan yang mudah menguap (*Volatile Materialis*)
   Termasuk dalam kategori ini adalah Hidrogen sulfida, gas methan dan sebagainya yang menyebabkan udara tercemar.

Sistem pembuangan air limbah domestik terbagi menjadi 2 (dua) macam sistem yakni sistem pembuangan air limbah setempat (*on site system*) dan pembuangan terpusat (*off site system*).

Sistem pembuangan setempat adalah fasilitas pembuangan air limbah yang berada di dalam daerah persil pelayanannya (batas tanah yang dimiliki). Contoh sistem pembuangan air limbah domestik setempat adalah sistem cubluk atau tangki septik. Sistem pembuangan terpusat adalah sistem pembuangan yang berada di luar persil. Contoh sistem penyaluran air limbah yang dibuang ke suatu tempat pembuangan (*disposal site*) yang aman dan sehat dengan atau tanpa pengolahan sesuai kriteria baku mutu dan besarnya limpasan.

Adapun tempat pembuangan dapat berupa lahan tanah terbuka sebagai tempat (misal di padang pasir) atau bahan-bahan aliran air sebagai badan air penerima.

Ada dua sistem pembuangan, yaitu Sistem Pembuangan Setempat dan Sistem Pembuangan Terpusat.

1. Sistem Pembuangan Setempat (*On Site System*)
   Keuntungan pemakaian sistem pembuangan setempat adalah:
   - Biaya pembuatan murah.
   - Biasanya dibuat oleh sektor swasta/pribadi.
   - Teknologi cukup sederhana.

- Sistem sangat privasi karena terletak pada persilnya.
- Operasi dan pemeliharaan dilakukan secara pribadi masing-masing.
- Nilai manfaat dapat dirasakan segera seperti bersih, saluran air hujan tidak lagi dibuangi air limbah, terhindar dari bau busuk, timbul estetika pekarangan dan populasi nyamuk berkurang.

Kerugian pemakaian sistem pembuangan setempat adalah:

- Tidak selalu cocok di semua daerah.
- Sukar mengontrol operasi dan pemeliharaan.
- Bila pengendalian tidak sempurna maka air limbah dibuang ke saluran drainase.
- Sukar mengontrol operasi dan pemeliharaan.
- Risiko mencemari air tanah bila pemeliharaan tidak dilakukan dengan baik.

2. Sistem Pembuangan Terpusat (*Off Site System*)

Keuntungan pemakaian sistem penyaluran terpusat adalah:

- Pelayanan yang lebih nyaman.
- Menampung semua air limbah domestik.
- Pencemaran air tanah dan lingkungan dapat dihindari.
- Cocok untuk daerah dengan tingkat kepadatan tinggi.
- Masa /umur pemakaian relatif lebih lama.

Kerugian pemakaian sistem penyaluran terpusat adalah:

- Memerlukan pembiayaan yang tinggi.
- Memerlukan tenaga yang trampil untuk oparasional dan pemeliharaan.
- Memerlukan perencanaan dan pelaksanaan untuk jangka panjang.
- Nilai manfaat akan terlihat apabila sistem telah berjalan dan semua penduduk yang terlayani.

Terkait dengan kondisi wilayah dan tingkat kepadatan, terbatasnya lahan, serta untuk menghindari risiko pencemaran air tanah pada masa datang diharapkan sistem pengelolaan dengan cara terpusat perlu dikembangkan.

Kebijakan yang diterapkan di Indonesia dalam mengelola air limbah secara formal adalah seperti yang diarahkan oleh Departemen PU (Direktorat Jenderal Cipta Karya) pada awalnya atau Departemen Pekerjaan Umum sebagai departemen teknis yang membina pengelolaan air limbah di Indonesia. Sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat pada dasarnya dilihat sebagai komponen-komponen subsistem yang saling mendukung; satu dengan yang lain saling berinteraksi untuk mencapai tujuan, yaitu kota yang bersih, sehat dan teratur. Komponen itu adalah:

- Sub sistem kelembagaan (sub sistem institusi).
- Sub sistem teknik operasional (sub sistem teknik).
- Sub sistem pembiayaan (sub sistem finansial).
- Sub sistem hukum dan pengaturan (sub sistem hukum).
- Sub sistem peran serta masyarakat.

Berdasarkan konsep manajemen pengelolaan air limbah di atas secara umum persoalan yang muncul pada pengelolaan air limbah secara terpusat adalah:

- Aspek Kelembagaan: bentuk kelembagaan yang cocok dengan besarnya kewenangan dan sumber daya manusia sebagai salah satu unsur pengelola kurang memadai dari jumlah maupun kualifikasinya.

- Aspek Teknis Operasional: keterbatasan sarana dan prasarana pengurasan dan pengumpulan (truk tinja), instalasi pengolah lumpur tinja (IPLT), serta instalasi pengolah air limbah (IPAL) sebelum dibuang ke badan air.
- Aspek Pembiayaan: tidak seimbangnya besarnya biaya operasional pemeliharaan (O dan P) pengelolaan dan besarnya penerimaan retribusi sebagai konsekwensi logis pelayanan pengelolaan.
- Aspek Pengaturan: tidak dimilikinya kebijakan pengaturan pengelolaan di daerah yang mampu memberikan motivasi kesadaran peran serta masyarakat untuk ikut secara utuh dalam pengelolaan secara terpusat baik menyangkut pembiayaan dan teknis operasional sehingga berwawaskan lingkungan.
- Aspek Peran serta Masyarakat: kesadaran masyarakat untuk ikut serta secara utuh dalam pengelolaan perlu ditingkatkan.

Secara umum beberapa perundang-undangan dan peraturan yang terkait dengan pelaksanaan pengelolaan air limbah nasional maupun regional adalah:

- UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
- UU No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.
- UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- UU No. 18 Tahun 1997 tentang Pajak dan Retribusi Daerah.
- UU No. 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah.
- UU No. 33 Tahun 2004 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintah dan Pemerintah Daerah.
- PP No. 27/1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan AMDAL).
- PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- PerMen PU Nomor 69/PRT/1995 Tentang Pedoman Teknis Mengenai Dampak Lingkungan Proyek Bidang Pekerjaan Umum.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 296/1996 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan UKL-UPL Proyek Bidang Pekerjaan Umum.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 377/1996 tentang Petunjuk Tata Laksana UKL dan UPL Departemen Pekerjaan Umum.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor Kep-02/MENKLH/I/1988 tentang Penetapan Baku Mutu Lingkungan.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-12/MENLH/3/1994 tentang Pedoman Umum Penyusunan Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 52/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Hotel.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 58/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Rumah Sakit.
- Keputusan Menteri PU Nomor 58/KPTS/1995 tentang Petunjuk Tata Laksana Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Departemen Pekerjaan Umum.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 296/1996 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan UKL-UPL Proyek Bidang Pekerjaan Umum.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 377/1996 tentang Petunjuk Tata Laksana UKL dan UPL Departemen Pekerjaan Umum.
- Keputusan Kepala BAPEDAL Nomor 299/11/1996 tentang Pedoman Teknis Kajian Aspek Sosial Dalam Penyusunan AMDAL.

- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-3/MENLH/2000 tentang Jenis Usaha atau Kegiatan yang wajib dilengkapi dengan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL).
- Peraturan Daerah Provinsi dan Kabupaten/Kota.

Di samping perundang-undangan, peraturan dan kebijakan di atas maka pengelolan air limbah secara operasional harus mengacu pada standarisasi yang sudah ada seperti:

- SK SNI T-07-1989 -F Tentang Petunjuk Teknis Pembuatan Tangki Septik ;
- SK SNI T-08-1989-F Tentang Tata Cara Perenc. Bangunan MCK Umum.
- SK SNI T-09-1989 -F Petunjuk Teknis Pembuatan Saluran Pembuang Air Limbah (SPAL).
- Standart Pelayanan Minimal (SPM) Tahun 2001.

5.3.7 Sistem Pengendalian Erosi dan Sedimentasi

Secara umum dapat dikatakan bahwa erosi dan sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terangkut di tempat yang lain. Proses erosi dan sedimentasi ini baru mendapat perhatian cukup serius oleh manusia pada sekitar 1940-an, setelah menimbulkan kerugian yang besar, baik berupa merosotnya produktivitas tanah serta yang idak kalah pentingnya adaah rusaknya bangunan-bangunan keairan serta sedimentasi waduk. Daerah pertanian merupakan lahan yang paling rentan terhadap terjadinya erosi (Suripin, 2002).

Bahaya erosi ini banyak terjadi di daerah kering terutama yang memiliki kemiringan lereng sekitar 15 % atau lebih. Keadaan ini sebagai akibat dari pengelolaan tanah dan air yang keliru, tidak mengikuti kaidah-kaidah konservasi tanah dan air, dan akibat pola pertanian yang berpindah-pindah setiap tahunnya (*shifting cultivation*) (Suripin, 2002).

Hujan merupakan salah satu faktor utama penyebab terjadinya erosi tanah. Tetesan air hujan yang menghantam muka bumi yang mengakibatkan terlemparnya partikel tanah ke udara. Karena adanya gravitasi bumi, maka partikel-partikel tersebut jatuh kembali ke bumi dan sebagian partikel halus menutup pori-pori tanah sehingga porositas menurun. Dengan tertutupnya pori-pori tanah, maka laju maupun kapasitas infiltrasi tanah berkurang (Suripin, 2002).

Untuk sungai dengan material dasar sangat kasar, kapasitas transport sedimen untuk fraksi halus dihitung dari persamaan-persamaan transport sedimen jauh lebih besar daripada suplai sedimen dari sumber-sumber di bagian hulu. Oleh karena itu untuk sungai-sungai tersebut kapasitas transport sedimennya dibatasi dengan dengan suplai bagian hulu dari sedimen akibat erosi di DAS. Perkiraan tranport sedimen dapat dianalisis dari sumber sedimen. Perhitungannya menggunakan cara-cara perhitungan erosi lahan. Besarnya erosi tahunan E_T dapat diperkirakan dengan persamaan (Julien, 1995).

$$E_T = E_U + E_G + E_B$$

di mana : E_U = Erosi bagian hulu yang ditinjau (*upland*)
E_G = Erosi dari pembentukan parit/selokan (*gully*) daerah perbukitan
E_B = Erosi tebing sungai

E_u umumnya menjadi sumber utama erosi lahan sedangkan E_G dan E_B untuk Daerah Aliran Sungai dengan karakteristik sistem fluvial yang stabil dapat diabaikan. Analisis E_u didasarkan pada erosi akibat

curah hujan dan untuk daerah dingin ditambah dengan melelehnya salju. Persamaan yang dipakai adalah Persamaan USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang merupakan gabungan 6 parameter utama:

$$E_U = R\,K\,L\,S\,C\,P$$

di mana: E_U= erosi tiap satuan area (*upland erosion*) dari erosi lembaran dan erosi *rill tons/acre*
R = faktor erosivitas hujan
K = faktor erodibilitas tanah (*ton/acre*)
L = faktor panjang area (*field*) } faktor topografi
S = faktor kemiringan lahan }
C = faktor pengelolaan penanaman
P = faktor praktek konservasi lapangan (misalnya terasering)
Faktor-Faktor L, S, C dan P tidak berdimensi

Faktor pengelolaan penanaman C didefinisikan sebagai perbandingan erosi (*soil loss*) dari penanaman area pada kondisi tertentu dengan tanah yang ditanami yang dengan kondisi tandus kontinyu. Besarnya mulai 0 sampai 10, tergantung dari tipe vegetasi, musim tanam, dan teknik pengelolaan pertanian lainnya. Tabel 5-10 menunjukkan besarnya C untuk hutan tak terganggu. Tabel 5-11 menunjukkan besarnya faktor pengelolaan penanaman C untuk padang rumput, padang gurun dan tanah tak tertanami. Tabel 5-12 menunjukkan besarnya C untuk kemiringan (*slope*) yang dibuat. Sedangkan besarnya P dapat dilihat dalam Tabel 5-13.

Tabel 5-10. Faktor pengelolaan penanaman C untuk hutan tidak terganggu (Wischmeier and Smith, 1978)

Prosentase area yang terlindungi oleh kanopi pepohonan dan tanaman di bawahnya	Prosentase area yang terlindungi oleh tanaman pendek sedikitnya dengan kedalaman 5 cm	Faktor C
100-75	100-90	0.0001-0.001
70-45	85-75	0.002-0.004
40-20	70-40	0.003-0.009

Tabel 5-11. Faktor pengelolaan penanaman C untuk padang rumput, padang gurun dan tanah yang tak ditanami (idle land) (Wischmeier dan Smith, 1978)

Peneduh vegetasi*	Type**	Persen peneduh tanah					
		0	20	40	60	80	95+
Tanpa peneduh	G	0.45	0.20	0.10	0.042	0.013	0.003
	W	0.45	0.24	0.15	0.091	0.043	0.011
Rumputan tinggi/ semak pendek dengan tinggi ± 51 cm	G	0.17 – 0.36	0.10 – 0.17	0.06 – 0.09	0.032 – 0.038	0.011 – 0.013	0.003
	W	0.17 – 0.36	0.12 – 0.20	0.09 – 0.13	0.068 – 0.083	0.038 – 0.042	0.011
Semak2 dengan tinggi rata-rata 2 m	G	0.28 – 0.40	0.14 – 0.18	0.08 – 0.09	0.036 – 0.040	0.012 – 0.013	0.003
	W	0.28 – 0.40	0.17 – 0.22	0.12 – 0.14	0.078 – 0.087	0.040 – 0.042	0.011
Pepohonan tinggi rata2 sedikit semak2 4 m	G	0.36 – 0.42	0.17 – 0.19	0.09 – 0.10	0.039 – 0.041	0.012 – 0.013	0.003
	W	0.36 – 0.42	0.20 – 0.23	0.13 – 0.14	0.084 – 0.089	0.041 – 0.042	0.011

Catatan: Nilai C diasumsikan vegetasi dan rumput terdistribusi sebarang di seluruh area

* Tinggi kanopi diukur sebagai rata-rata tinggi jatuh air dari kanopi ke tanah. Efek kanopi berbanding terbalik dengan tinggi air jatuh dan diabaikan bila tingginya melebihi 10 m

** G : penutup tanah adalah rumput, tanaman busuk, atau sampah paling sedikit dalamnya 5 cm
W : tanaman semacam rumput dengan akar lateralnya sedikit atau tanaman yang tidak membusuk

Tabel 5-12. Faktor pengelolaan penanaman C untuk kemiringan yang dibuat (Wischmeier dan Smith, 1978)

Tipe bahan	Banyaknya bahan (tons/ha)	Factor *C*
Jerami	2.0 – 5.0	0.06 – 0.20
Batuan ϕ 0.64 – 3.8 cm	300	0.05
	600	0.02
Potongan kayu	17	0.08
	30	0.05
	62	0.02

Tabel 5-13. Faktor praktek konservasi lapangan P untuk contouring, strip cropping, dan terracing (Wischmeier, 1972)

Land slope (%)	*Farming on countour*	*Countour strip crop*	*Terracing*	
			(a)	(b)
2 – 7	0.50	0.25	0.50	0.10
8 – 12	0.60	0.30	0.60	0.12
13 – 18	0.80	0.40	0.80	0.16
19 – 24	0.90	0.45	0.90	0.18

(a) For erosion – control planning on farmland
(b) For prediction of contribution to off – field sediment load

Ada beberapa cara untuk menghitung R. Salah satu caranya adalah penentuan R berdasarkan hujan, yaitu (Julien 1995):

$R = 0.01\ \Sigma(916 + 331\log SI)I$

di mana: I intensitas hujan dalam inchi/jam

Faktor topografi LS didefinisikan sebagai perbandingan kehilangan tanah (*soil loss*) dari kemiringan dan panjang terhadap kehilangan tanah dari 22.13 m (72.6 kaki) panjang dengan 9 % kemiringan dengan semua kondisi sama. Menurut Smith & Wischemeir (1957), panjang kemiringan didefinisikan sebagai jarak dari titik asal aliran permukaan (*overland flow*) sampai ke titik di mana kemiringan berkurang pada tingkat penumpukan/endapan (*deposition*) mulai atau juga pada lokasi aliran air memasuki saluran yang sudah nyata (terdefinisi).

Berdasarkan data untuk kemiringan dari tiga sampai 20 % dan dengan panjang sampai ± 122 m Smith dan Wischemeir (1957) mengusulkan faktor topografi dihitung dari

$$LS = \left(\frac{\lambda}{72.6}\right)^n \left(\frac{430(\sin\theta)^2 + 305.6\theta + 0.43}{6.613}\right)$$

di mana: λ = panjang kemiiringan θ = sudut kemiringan

n = eksponen tergantung dari kemiringan, yaitu: n = 0.3 untuk kemiringan ≤ 3 %, n = 0.4 untuk kemiringan = 4 % dan n = 0.5 untuk kemiringan ≥ 5 %.

Beberapa pakar termasuk Morgan (1988) & Torri (1996) mengusulkan penggunaan2 yang diusulkan oleh Wischemeir & Smith (1978) sebagai berikut:

$$LS = \left(\frac{L}{22.13}\right)^m \left(0.065 + 0.045S + 0.0065S^2\right)$$

di mana: L = panjang lereng (m)
S = Kemiringan % besarnya m tergantung dari kemiringan S seperti ditunjukkan dalam Tabel 5-14 berikut ini.

Tabel 5-14. Hubungan m dan S

Nilai S	Nilai m
< 1 %	0.2
1 - 3 %	0.3
3.5 - 4.5 %	0.4
> 0.5 %	0.5

Faktor K dapat ditentukan dari Tabel 5-15 berikut ini.

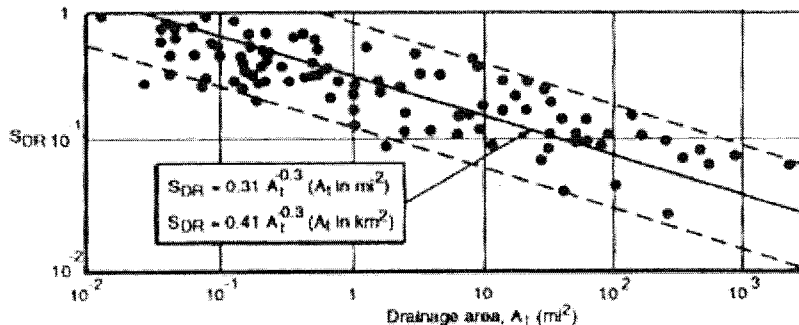
Tabel 5-15. Faktor erodibilitas tanah K (tons/acre) (Schwab dkk., 1981)

Textural class	***Organic matter content (%)***			***Organic matter content (%)***	
	0.5	**2**			
Fine sand	0.16	0.14	*Very fine sandy loam*	0.47	0.41
Very fine sand	0.42	0.36	*Silt loam*	0.48	0.42
Loamy sand	0.12	0.10	*Clay loam*	0.28	0.25
Loamy very fine sand	0.44	0.38	*Silty clay loam*	0.37	0.32
Sandy loam	0.27	0.24	*Silty clay*	0.25	0.23

Sedimen yang terbawa oleh sungai alam lebih sedikit dibandingkan dengan erosi total dari bagian hulu DAS yang ditinjau. Sedimen terdeposit antara sumber dan potongan melintang sungai bilamana kapasitas debit tidak cukup untuk mempertahankan transpor sedimen.

Rasio pengantaran sedimen (*sediment delivery ratio*) S_{DR} merupakan perbandingan antara *yield* (hasil) sedimen Y pada potongan melintang sungai yang diketahui dengan erosi total (*gross erosion* A_T dari DAS sebelah hulu potongan sungai tersebut. Maka dari itu besar yil sedimen dapat ditulis.

$$\mathbf{Y = A_T \, S_{DR}}$$

Rasio pengantaran sedimen tergantung dari luas DAS A_T. Nilainya diberikan dalam Gambar 5-32 berikut ini.

Gambar 5-32. Rasio Pengantaran Sedimen (Boyce, 1975)

Transpor sedimen di sungai-sungai tergantung dari banyak variabel yang saling berhubungan. Tidak ada satu persamaan yang bisa diaplikasikan untuk semua kondisi. Simons & Senturk (1992), berdasarkan pengalaman laboratorium dan lapangan yang luas, menyajikan rekomendasi yang harus dipertimbangkan dalam analisis transpor sedimen. Beberapa rekomendasinya meliputi:

a. Selidiki persamaan transpor sedimen yang tersedia dan tentukan yang paling baik untuk suatu sistem sungai yang spesifik.
b. Hitung laju sedimen dengan persamaan-persamaan tersebut dan hasilnya dibandingkan dengan data pengukuran di lapangan.
c. Pilih persamaan yang memberikan hasil yang paling mendekati dengan observasi lapangan dan bila tersedia data yang cukup, perbaiki persamaan tersebut supaya bisa spesifik pada lokasi yang diobservasi.

Di samping itu, Simons (1999) juga merekomendasikan bahwa bilamana sungai akan dipakai untuk tujuan yang sangat penting seperti dam, navigasi dll., observasi lapangan yang lebih banyak harus dilakukan agar persamaan sedimen transpor yang tepilih dapat diperluas untuk kondisi2 sungai yang lebih besar.

Einstein (1964) menyatakan bahwa dua kondisi harus dipenuhi oleh setiap partikel sedimen yang melalui penampang melintang tertentu dari suatu sungai:

1. Partikel tersebut merupakan hasil erosi di daerah pengaliran di hilir potongan melintang itu.
2. Partikel tersebut terbawa oleh aliran dari tempat erosi terjadi menuju penampang melintang itu.

Kedua kondisi tersebut akan mempengaruhi laju transpor sedimen dalam dua kontrol besaran relatif: kapasitas transport dari saluran dan ketersedian material di DAS (Einstein, 1964). Untuk tujuan rekayasa ada 2 sumber sedimen yang terangkut oleh sebuah sungai: 1) material dasar pembentuk dasar sungai & 2) material halus yang datang dari tebing-tebing sungai dan daerah aliran sungai sebagai muatan terhanyutkan (*washload*) (Richardson dkk., 1990). Perbedaan ini penting karena material dasar diangkut pada tingkat kapasitas sungai dan merupakan fungsi dari variabel hidraulik yang terukur.

Bilamana suatu sungai mencapai keseimbangan, kapasitas transport untuk air dan sedimen dalam kondisi seimbang dengan laju ketersediaan (Chang, 1986). Kenyataanya, hampir semua sungai adalah menjadi sasaran untuk suatu pengontrolan atau gangguan, baik alam maupun buatan manusia, yang

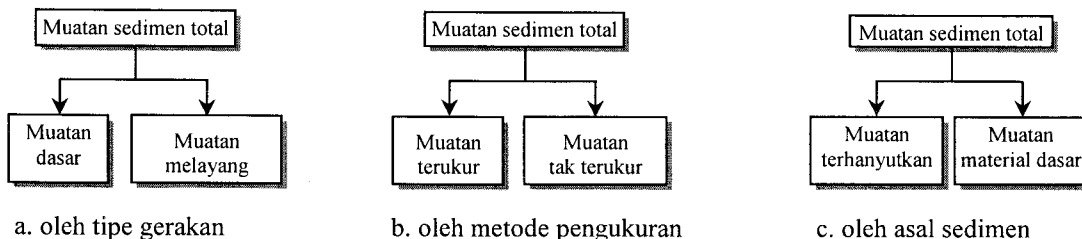
mengakibatkan peningkatan kondisi tak seimbang (Jaramillo & Jain, 1984). Muatan sedimen total dapat dikelompokkan menjadi 3 persamaan (Julien, 1995):

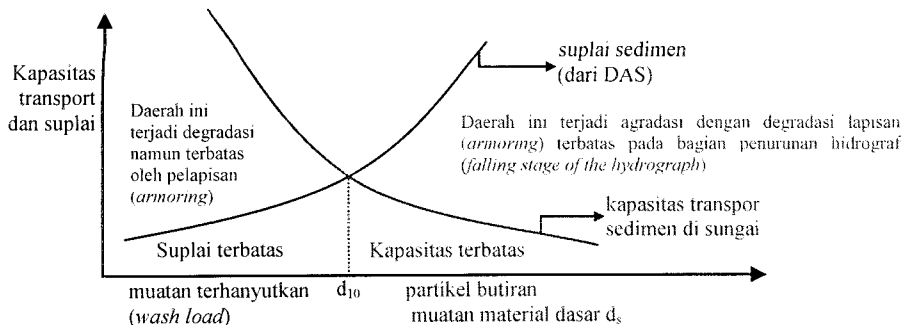
a. berdasarkan tipe gerakan: $L_T = L_b + L_s$
b. berdasarkan metode pengukuran: $LT = L_m + L_u$
c. berdasarkan sumber sedimen: $L_T = L_w + L_{bm}$

di mana

L_T = muatan total
L_b = muatan dasar (*bed load*) yang didefinisikan sebagai transportasi dari partikel-partikel sedimen yang berdekatan atau tetap melakukan kontak dengan dasar saluran.
L_s = muatan melayang (*susepended load*) didefinisikan sebagai transpor sedimen melayang yang melalui suatu potongan sungai di atas dasar.
L_m = sedimen terukur (*measured sediment*)
L_u = sedimen tidak terukur (*unmeasured sediment*) yaitu jumlah dari muatan dasar dan fraksi (bagian) dari muatan melayang di bawah elevasi pengambilan sampel terendah.
L_w = muatan terhanyutkan (*wash load*) yang merupakan partikel-partikel halus (*fine particles*) tidak ditemukan dalam material dasar ($d_s < d_{10}$), dan berasal dari tebing yang ada dibagian hulu penampang yang ditinjau dan supplai dari daerah pengaliran (*upslope supply*)
L_{bm} = kapasitas terbatas dari muatan material dasar

Persamaan-persamaan di atas diilustrasikan dalam Gambar 5-33 berikut ini.

a. oleh tipe gerakan   b. oleh metode pengukuran   c. oleh asal sedimen

Gambar 5-33. Klasifikasi transport sedimen di sungai

Berdasarkan sumber sedimen dan kapasitas transport sungai maka dapat dibuat grafik hubungan antara sumber tersebut dan kapasitas transport sungainya seperti ditunjukkan dalam Gambar 5-34.

Gambar 5-34. Kurva suplai dan kapasitas transport sedimen (Shen, 1971; Simons dan Senturk, 1992; Julien, 1995)

Seperti ditunjukkan dalam gambar di atas suplai terbatas dan kapasitas terbatas dibatasi oleh d_{10}. Einstein (1950) mendefinisikan bahwa ukuran sedimen terbesar untuk muatan terhanyutkan dipilih sebagai diameter butiran yang 10% dari sedimen dasar total adalah lebih halus. Muatan sedimen halus didefinisikan sebagai muatan dari lanau dan lempung, yang mempunyai diameter lebih kecil dari 0.0625 mm (Woo, dkk., 1986). Banyak ahli menganggap bahwa ukuran terkecil dari muatan material dasar adalah sama atau lebih besar dari 0.0625 mm (Simons dan Senturk, 1992). Namun, dalam konsentrasi yang besar dari sedimen halus yang melayang, sedimen halus dapat ditemukan dengan bagian porsi yang besar dari material dasar dengan ukuran d10 jauh lebih kecil daripada 0.0625 mm (Woo, dkk., 1986). Secara tradisional, kapasitas pengangkutan dari sedimen terhanyutkan harus dikurangkan dari (tidak termasuk) kapasitas pengangkutan total dari muatan material dasar. Namun, Qiwei dkk. (1989) menganjurkan, di samping kapasitas pengangkutan dari muatan terhanyutkan, prosentase debit aliran dari muatan terhanyutkan juga harus dikurangkan terhadap debit total.

Julien (1995) menyatakan bahwa sesungguhnya tidak mungkin untuk menentukan muatan sedimen dari suatu sungai/ aliran dari persamaan-persamaan yang ada. Artinya, walaupun banyak persamaan telah dikembangkan, tidak ada satupun persamaan transportasi sedimen dalam aliran pada saluran terbuka yang betul dan akurat dan dapat diaplikasikan ke semua kondisi. Dengan kata lain sebuah "persamaan transport sedimen yang universal" tidak atau mungkin tidak pernah ada (Simons dan Senturk, 1992). Dalam prakteknya beberapa persamaan sedimen dapat dipakai dan hasil2-nya bisa dibandingkan dengan data lapangan untuk menemukan persamaan yang paling cocok untuk suatu sistem sungai yang spesifik.

Para insinyur memakai beberapa persamaan dan membandingkannya dengan observasi lapangan untuk memperoleh persamaan yang cocok pada lokasi lapangan yang terpilih. Persamaan transport sediment muatan total dapat diklasifikasikan dalam tiga bagian (Julien, 1995).

- Persamaan-persamaan yang berdasarkan *advection-diffusion* misalnya Einstein (1950), Toffaletti (1969), Colby (1964), dan Simons-Li-Fullerton (1981). Dua metode terakhir adalah penyederhanaan metode Einstein.
- Persamaan-persamaan yang berdasarkan konsep enersi dan kuat arus (*stream power*). Contoh-contohnya adalah Laursen (1958), Bagnold (1966), Engelund dan Hansen (1967), Ackers dan White (1973), dan Yang (1973).
- Persamaan-persamaan yang berdasarkan analisis regresi dari data komprehensif meliputi Shen dan Hung (1972), Brownlie (1981), Karim dan Kennedy (1981), Karim (1998).

Wu dan Molinas (1996) mengklasifikasikan transport sedimen fraksional dalam empat kategori:

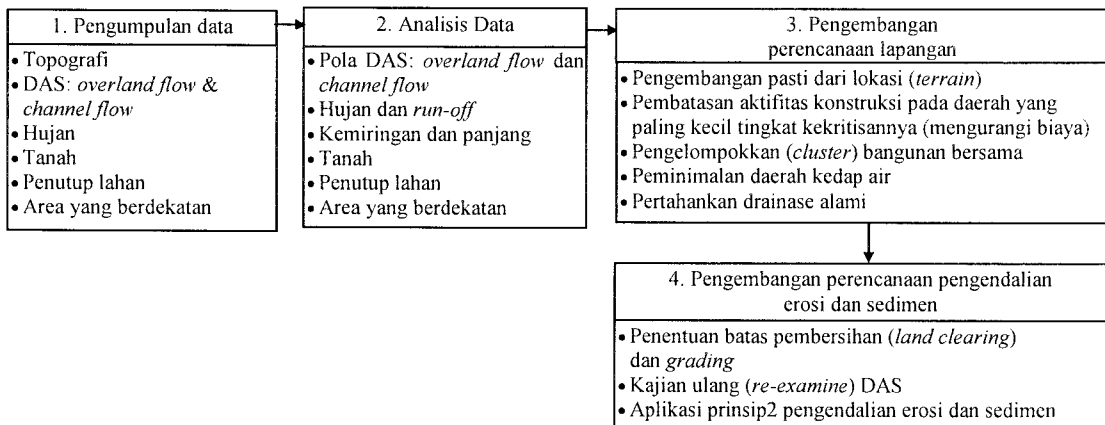
- Perhitungan langsung dengan pendekatan fraksi ukuran meliputi Einstein (1950), Laursen (1958) dan Toffaletti (1969).
- Pendekatan koreksi tegangan geser (*shear stress correction approach*). Beberapa contoh cara pendekatan ini adalah Ashida dan Michiue (1973), Parker dkk. (1982), Diplas (1987) dan Wilcock (1997).
- Pendekatan fraksi material dasar termasuk Molinas dan Yang (1986) dan Karim (1998).
- Pendekatan kapasitas transporst termasuk Li (1988), Karim dan Kennedy (1981) dan Dou dkk. (1987). Namun, Wu (1999) menyatakan bahwa tidak satupun dari keempat grup yang berdasarkan pendekatan fraksi memenuhi secara tepat prediksi transport sedimen di sungai.

Konfigurasi dasar sungai aluvial dapat dibagi menjadi dua sub-bagian, yaitu: regim rendah (*lower regime*) dan regim atas (*upper regime*) berdasarkan pada bentuk, perlawanan aliran dan mode dari pengangkutan (Simons & Richardson, 1966; Simons et al., 1965). Yang termasuk regim rendah : dasar datar (*plane bed*) tanpa pergerakan sedimen, riak (*ripples*), bukit pasir (*dunes*), *wash-out dunes* atau transisi. Yang termasuk regim atas: dasar datar dengan pergerakan sedimen, *antidune standing waves*, *antidune breaking waves*, *chute* dan kolam. Saluran aluvial dibawah kondisi *quasi-steady* akan mengambil konfigurasi dasar sungai yang memberi pengaruh pada perlawanan hidraulik dan akan terus secara alami merubah dasar sungai (Engelund, 1966; Garde & Rangaraju, 1966).

Konfigurasi dasar sungai aluvial tersebut berpengaruh signifikan pada perlawanan aliran (direpresentasikan dalam bentuk koefisien Manning n). Tanpa memperhitungkan hal tersebut maka akan terjadi kesalahan yang besar terhadap kecepatan aliran maupun muatan sedimen yang terbawa aliran (Simons et al., 2004).

Perencanaan pengendalian erosi dan sedimen secara struktur (rekayasa) dapat dibagi menjadi empat langkah (Goldman et al., 1986):

- Pengumpulan Data - Pengembangan perencanaan lapangan
- Analisis Data - Pengembangan perenc.pengendalian erosi & sedimen

Detail masing-masing langkah ditunjukkan dalam Gambar 5-35 berikut.

Gambar 5-35. Perencanaan pengendalian erosi dan sedimen (Goldman et al., 1986)

5.3.8 Sistem Pengelolaan Konservasi Air

Kegiatan konservasi sumber daya air pada hakekatnya ditujukan untuk (UU No. 7 Tahun 2004):

- Menjaga keberlanjutan keberadaan air dan sumber air, termasuk potensi yang terkandung di dalamnya
- Menjaga keberlanjutan kemampuan sumber daya air untuk mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.
- Menjaga keberlanjutan kemampuan air dan sumber air untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya.

Karena tujuannya demikian penting, dalam UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air dalam aspek pengelolaannya, konservasi ditempatkan dalam urutan yang pertama. Bahkan ada 44 pasal dari total 100 pasal dalam UU tersebut yang menyatakan baik secara eksplisit maupun implisit hal-hal yang berkaitan dengan konservasi maupun lingkungan (Kodoatie dan Hadimuljono, 2005). Konservasi sumber daya air dilakukan melalui kegiatan-kegiatan (Ayat (2) Pasal 20 UU Sumber Daya Air):

- Perlindungan dan pelestarian sumber air
- Pengawetan air.
- Pengelolaan kualitas air.
- Pengendalian pencemaran air.

Detail dari masing-masing kegiatan konservasi sumber daya air tersebut ditunjukkan dalam Gambar 8-12.

Acuan kegiatan konservasi sumber daya air adalah Pola Pengelolaan Sumber Daya Air yang ditetapkan pada setiap wilayah sungai. *Output* dari konservasi sumber daya air menjadi salah satu acuan dalam rencana tata ruang wilayah atau RTRW (Ayat (3) Pasal 20 UU umber Daya Air).

Konservasi sumber daya air dilaksanakan pada sungai, danau, waduk, rawa, cekungan air tanah, sistem irigasi, daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai (DAS), kawasan suaka alam, kawasan pelestarian alam, kawasan hutan, dan kawasan pantai (Ayat (1) Pasal 25 UU Sumber Daya Air).

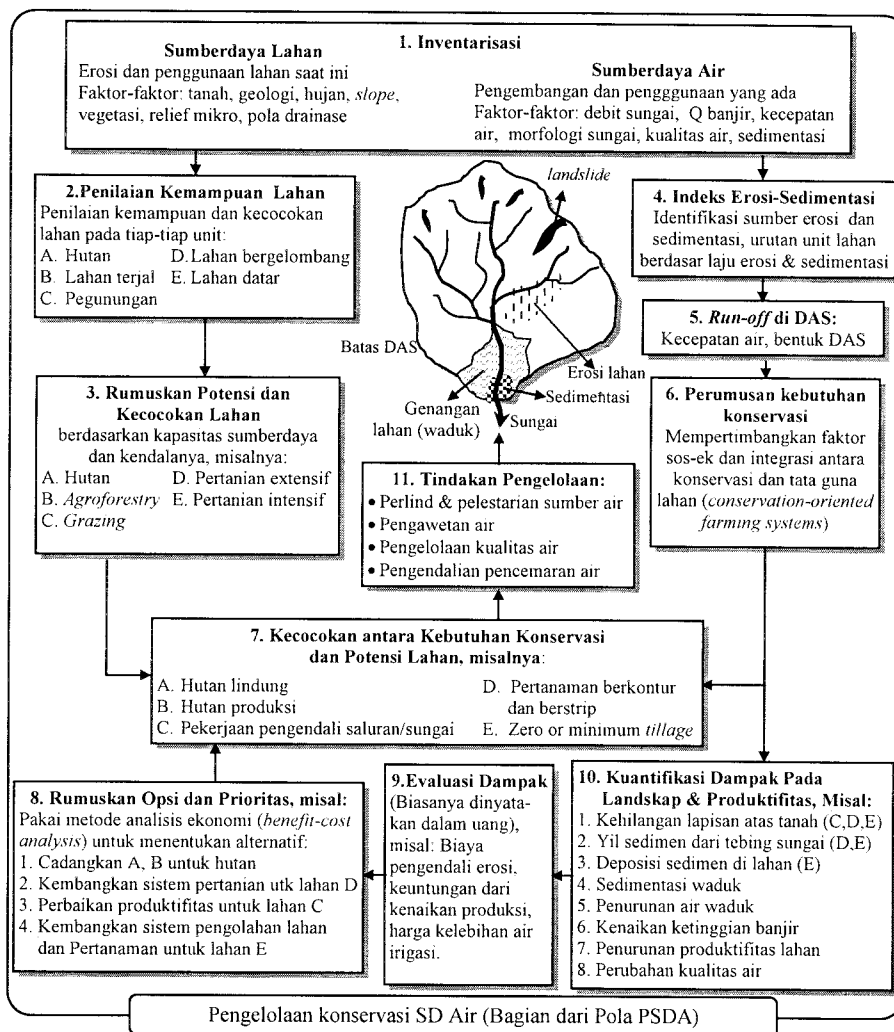
Dewasa ini telah terjadi degradasi air yang cukup berat di beberapa tempat di muka bumi ini, distribusi air terhadap waktu makin timpang dan kualitasnya menurun. Konservasi air menjadi sangat penting bagi kelangsungan kehidupan suatu bangsa, khususnya untuk daerah di mana terjadi defisit air yaitu di daerah kering (*arid*) dan semi kering (*sub humid*). Konservasi air ditujukan tidak hanya meningkatkan volume air, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaannya, sekaligus memperbaiki kualitasnya sesuai dengan peruntukannya. Konservasi air mempunyai multi-efek, di antara-nya mengurangi banjir, kekeringan dan longsor dan lain sebagainya. Dengan demikian, konservasi air harus mendapat perhatian yang besar. Saat ini konser-vasi air telah menjadi salah satu kunci utama dalam menjamin ketersediaan air dan peningkatan suplai air seiring dengan tuntutan kebutuhan air yang semakin meningkat.

Konservasi air tidak bisa lepas dari konservasi tanah, sehingga keduanya sering disebut bersamaan menjadi konservasi tanah dan air. Hal ini mengandung makna, bahwa kegiatan konservasi tanah akan berpengaruh tidak hanya pada perbaikan kondisi lahan tetapi juga pada perbaikan kondisi sumber daya airnya, demikian juga sebaliknya. Langkah-langkah usaha konservasi tanah dan air secara menyeluruh dan komprehensif meliputi berbagai tahap kegiatan sebagai-mana terlihat pada Gambar 5-36.

Dalam konsep pembangunan yang berkelanjutan, konservasi sumber daya alam merupakan salah satu aspek yang sangat penting. Konsep dasar konservasi adalah "Jangan membuang-buang atau menyia-

nyiakan sumber daya alam". Karena air merupakan bagian dari sumber daya alam maka konsep dasar konservasi air adalah "jangan membuang-buang atau menyia-nyiakan sumber daya air".

Semula konservasi air diterjemahkan sebagai upaya menyimpan air dan menggunakannya untuk keperluan yang produktif di kemudian hari. Konsep ini disebut konservasi segi suplai karena domain di sumbernya. Perkembangan selanjutnya konservasi lebih mengarah kepada pengurangan atau pengefisienan penggunaan air, dan dikenal sebagai konservasi sisi kebutuhan.

Konservasi air yang baik merupakan gabungan dari kedua konsep tersebut, yaitu menyimpan air dikala berlebihan dan menggunakannya sesedikit mungkin, efisien dan efektif) untuk keperluan tertentu yang produktif. Pada waktu musim hujan diupayakan memanen air hujan (*rain haversting*) sebanyak mungkin dan pada waktu musim kemarau menggunakan air sehemat mungkin. Sebagai contoh; konservasi air domestik berarti menggunakan air sesedikit mungkin, efisen dan efektif untuk minum, masak, mandi, mencuci, meng-gelontor toilet, dan penggunaan-penggunaan rumah tangga lainnya. Konservasi air industri berarti pemakaian air sesedikit mungkin, efisen dan efektif untuk menghasilkan suatu produk. Konservasi air pertanian pada dasarnya berarti penggunaan air sesedikit mungkin, efisen dan efektif untuk menghasilkan hasil pertanian yang sebanyak-banyaknya.

Gambar 5-36. Urutan strategi perencanaan konservasi air dan tanah (Parrens & Trustum, 1984 dalam Suripin, 2002; Jurusan Teknik Sipil FT Undip, 2001)

Berikut dalam Tabel 5-16 disajikan contoh hasil perhitungan variasi waktu resap air ke dalam tanah untuk berbagai variasi *slope* (S) dan faktor penutup lahan yang direpresentasikan dalam bentuk koefisien kekasaran Manning n terhadap area konservasi yang dibutuhkan untuk jenis tanah pasir.

Tabel 5-16. Variasi slope (S) dan faktor penutup lahan yang (n) terhadap kebutuhan area lahan untuk daerah resapan air, untuk contoh jenis tanah pasir

	n = 0,01	n =0,02	n = 0,025	n = 0,06	n = 0,2	n = 1
Lebar (m)	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1
Slope (S)	0,01 0,001 0,0001	0,01 0,001 0,0001	0,01 0,001 0,0001	0,01 0,001 0,0001	0,01 0,001 0,0001	0,01 0,001 0,0001
Kecepatan (m/dtk)	10 3,16 1	5 1,58 0,5	4 1,26 0,4	1,67 0,53 0,17	0,5 0,16 0,05	0,1 0,03 0,01
Lamanya infiltrasi (dtk)	0,1 0,32 1	0,2 0,63 2	0,25 0,79 2,5	0,6 1,89 5,88	2 6,25 20	10 33,33 100
Area lahan konservasi yang dibutuhkan (m^2)	390 123,24 39	195 61,62 19,5	156 49,14 15,6	65,13 20,67 6,63	19,5 6,24 1,95	3,9 1,17 0,39

keterangan:

- n=0.03-0.06 untuk kedalaman aliran lebih dari 5 kali tinggi vegetasi (jenis rumput Kentucky, Bermuda, & Buffalo)
- n=0,01-0,2 untuk kedalaman aliran ≤ tinggi vegetasi yang ada (untuk jenis rumput Kentucky, Bermuda & Buffalo)
- n dapat melebihi 1 untuk tinggi vegetasi > kedalaman aliran (untuk vegetasi yang sangat padat/ rimbun) (Maidment, 1993)

- Lebar yang dimaksud adalah lebar lahan - Slope adalah kemiringan lahan konservasi
- Kecepatan adalah kecepatan aliran permukaan - Lamanya infiltrasi adalah waktu infiltrasi untuk volume 1 m^3 tanah
- Area lahan konservasi yang dibutuhkan adalah luasan permukaan lahan yang diperlukan untuk air berinfiltrasi ke dalam tanah dengan volume 1 m^3.

5.3.9 Sistem Pengelolaan Kekeringan

Kekeringan merupakan problem manajemen sumber daya air yang kompleks, melibatkan banyak *stakeholder* dan membutuhkan tindakan individual atau kolektif terpadu untuk mengamankan suplai air. Kekeringan juga merupakan phenomena hidrologi yang paling kompleks, perwujudan dan penambahan isu-isu berkaitan dengan iklim, tata guna lahan, norma pemakaian air serta manajemen seperti persiapan, antisipasi dan sebagainya. Kompleksitas bertambah karena diketahui kekeringan merupakan bencana dengan prosesnya berjalan lambat sehingga dikatakan sebagai bencana merangkak (*creeping disaster*). Datangnya tidak tiba-tiba (instan) seperti banjir atau gempa bumi, namun timbul perlahan-lahan sehingga sangat mudah diabaikan. Tidak bisa diketahui secara pasti awal dan kapan bencana ini berakhir, namun semua baru sadar setelah berada di periode tengahnya. Masyarakat awam umumnya baru menyadari ketika air di dalam sumurnya habis, ketika aliran PDAM macet, ketika penyedotan air tanah dengan pompa hanya keluar udara (Iglesias et al., 2007; Grigg, 1992 dengan modifikasi).

Untuk pertanian, kekeringan merupakan bencana terparah dibandingkan bencana lainnya. Bila kebanjiran, tanaman masih bisa hidup, kekurangan pupuk masih bisa diupayakan. Namun ketika air tidak ada, tanaman segera mati. Hal lain yang tak kalah mengkhawatirkan yaitu kekurangan pangan. Kemarau panjang membuat sawah-sawah/lahan kering dan tak dapat ditanami seperti terlihat dalam Gambar 5-37.

Gambar 5-37. Dampak Kekeringan Terhadap Lahan (Reuters, 2007)

Selama kekeringan berlangsung maka petani tak dapat menggarap sawah dan lahan kebun di desanya karena tak ada air. Karena sawah dan kebun merupakan lahan penghidupan petani maka dengan tak ada air, petani akan menganggur dan tak ada pekerjaan. Dampaknya tak ada pemasukan untuk penghidupan petani sehingga petani menjadi semakin terpuruk.

Pada kondisi normal saja sering petani dirugikan dengan harga beras yang jatuh saat panen tiba. Sering terjadi tengkulak datang saat sawah masih hijau dan membeli padi yang belum menguning (*ijon*) dengan harga sangat murah. Ini berarti biaya produksi menjadi lebih tinggi dari biaya penjualan.

Saat kekeringan berlangsung, penderitaan petani dan masyarakat desa semakin bertambah karena di samping tak ada *garapan* sawah, mereka masih harus berjuang untuk mendapatkan air minum. Untuk kebutuhan air minum saja yang hanya sebesar 3-5 l/hari/per orang, masyarakat harus mencari air cukup jauh. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 5-37, anak-anak dengan membawa jerigen harus berjalan sejauh 3,2 km hanya untuk memperoleh air untuk diminum (Reuters, 2007).

Isu terkini yang mendunia adalah pemanasan global yang telah memberikan dampak yang besar di beberapa negara di dunia (lihat Sub-Bab 4.5). Pemanasan global pada prinsipnya menyebabkan banjir dan kekeringan ekstrim serta kenaikan muka air laut.

Dampak pemanasan global menyebabkan musim kemarau akan makin panjang dan sebaliknya musim penghujan akan semakin pendek namun intensitas hujan lebih besar. Akibatnya pada musim kemarau di banyak daerah kekeringan menjadi semakin lama dan persoalan defisit air menjadi semakin komplek. Musim penghujan menjadi lebih pendek namun intensitas hujan meningkat. Hal ini berarti bahwa curah hujan akan tinggi dalam periode pendek, ketika jatuh ke bumi akan meningkatkan aliran permukaan (*run-off*) yang menyebabkan peningkatan banjir dan kapasitas atau jumlah aliran yang tersimpan menjadi aliran mantap (*dependable flow*) berkurang. Akibatnya pada musim kemarau cadangan air (dari aliran mantap) dari musim penghujan menjadi lebih sedikit. Hal ini akan memperparah kekeringan yang sudah ada.

Dengan kata lain dampak pemanasan global meningkatkan bencana banjir dan longsor pada musim penghujan dan secara kumulatif meningkatkan kekeringan pada musim kemarau.

Konsep kekeringan berangkat dari dua definisi yaitu suatu periode tanpa air hujan yang cukup dan suatu periode kelangkaan air. Definisi pertama dikatakan, kekeringan secara meteorologis atau klimatologis. Definisi kedua dapat disebut kekeringan dari berbagai aspek, antara lain kekeringan secara hidrologi, keke-ringan secara pertanian dan kekeringan secara sosial-ekonomi (Grigg, 1996).

Secara lebih spesifik kekeringan meteorologis didefinisikan oleh Palmer (1965) sebagai suatu interval waktu yang mana suplai air hujan aktual pada suatu lokasi jatuh/turun lebih pendek dibandingkan suplai air klimatologis yang sesungguhnya sesuai estimasi normal.

Changnom (1987) mendefinisikan, kekeringan pertanian sebagai suatu periode ketika air tanah tidak cukup memenuhi kebutuhan air tanaman sehingga pertumbuhannya tetap, bahkan tanaman mati. Definisi kekeringan hidrologis adalah suatu periode di mana bila untuk sungai alirannya di bawah normal atau bila untuk waduk tampungan air tidak ada (habis).

Kekeringan sosial ekonomi adalah hasil proses fisik yang terkait dengan aktivitas manusia yang terkena dampak kekeringan. Purba (2000) menyatakan bahwa secara psikologis, dampak kekeringan secara sosial jauh lebih parah dibanding dengan dampak banjir. Saat banjir, petani dan masyarakat akan cenderung menjadi kooperatif karena, bantuan dan perhatian dari pemerintah baik pusat dan daerah akan lebih besar. Sebaliknya, saat air menjadi langka, petani akan cenderung berkelahi' untuk memperebutkan air untuk sawah atau sumber daya lainnya untuk kelangsungan hidup.

Apabila kekeringan akibat El Nino berlangsung lama, jumlah pengangguran di pedesaan meningkat sehingga bisa menimbulkan gejolak politik. Para penganggur potensial dijadikan pendemo bayaran oleh provokator (Purba, 2000).

Pendekatan strategis merupakan pendekatan dengan konsep keseimbangan antara suplai dan kebutuhan serta antisipasi atau menghindari ancaman dari dampak kekeringan. Pengelolaan masalah kekeringan harus menetapkan taraf risiko kegagalan dari suplai air yang terbingkai oleh dua pernyataan yaitu risiko dari kekurangan air dan keamanan suplai (*security of supply*).

Dengan kata lain pendekatannya harus berdasarkan keseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan. Dari sisi ketersediaan, sumber daya air yang ada harus terjamin keberadaannya yang berkelanjutan (*sustainable*). Sedangkan dari sisi kebutuhan, air yang dimanfaatkan harus lebih kecil atau sama dengan ketersediaannya.

Dari uraian di atas langkah-langkah untuk pemenuhan strategi yang perlu dilakukan adalah:

- Identifikasi daerah rawan kekeringan.
- Pemetaaan detail daerah rawan kekeringan dari berbagai aspek.
- Identifikasi dan pemetaan sebaran penduduk dan kebutuhan air baku.
- Pemetaan kebutuhan dan ketersediaan air.
- Sosialisasi kebutuhan dan ketersediaan air yang ada untuk berbagai instansi sesuai tugas & fungsinya secara kontinyu ke pihak produsen & konsumen air.
- Sosialisasi pemakaian air secara efisien dan efektif.
- Penyusunan rencana tindak yang komprehensif, sektor dan multi sektor.

Berbagai model dan analisis dapat diaplikasikan untuk tiap-tiap aspek yang ditinjau meliputi aspek-aspek meteorologi, hidrologi, pertanian dan sosial ekonomi dll.

Untuk identifikasi, kuantifikasi dan monitoring kejadian kekeringan berbagai metode telah diusulkan. Dari metode-metode tersebut yang paling populer adalah indeks kekeringan. Indeks ini merupakan kombinasi khusus indikator-indikator meteorologi, hidrologi dan data lainnya (Tsakiris et al., 2007).

Indeks kekeringan menggambarkan suatu ukuran dari perbedaan kebutuhan dan ketersediaan sumber air dan merupakan bagian dari sistem pendukung keputusan yang berhubungan dengan kekeringan. Untuk utilitas air lokal pengelola akan menggunakan indeks kekeringan untuk menginformasikan pembatasan penggunaan air dan mengumumkan ketersediaan air yang ada kepada pemakai (publik).

Dalam skala daerah aliran sungai (DAS), pengelola akan menggunakan suatu indeks untuk informasi dan koordinasi penggunaan air di seluruh wilayah DAS. Untuk wilayah regional (kabupaten/kota sampai provinsi) indeks dapat dipakai untuk mengukur tingkat ketersediaan dan kebutuhan di seluruh wilayah tersebut (Grigg, 1996).

Pada tingkatan yang berbeda-beda tersebut, indeks dapat dipakai untuk laporan, riset atau rencana aksi. Pemakai indeks yang berbeda akan membutuhkan pendukung keputusan yang berbeda.

Secara umum persiapan dan mitigasi dalam menghadapi musim kemarau dapat disebutkan beberapa hal, yaitu (Grigg dan Vlachos, 1990 & 1993):

1. Efesiensi Penggunaan (Penghematan) Air.
   - pemenuhan kebutuhan air secara selektif.
   - efesiensi/penghematan air setiap kebutuhan.
   - sosialisasi gerakan penghematan air.
2. Pengelolaan Sumber Daya Air Secara Efektif.
   - ditinjau secara komprehensip dan terpadu.
   - pengelolaan potensi sumber daya air (ketersediaan).
   - pengelolaankebutuhan sumber daya air.
   - alokasi masing-masing kebutuhan (proporsional).
   - skala prioritas.
3. Pemanfaatan Simpanan Air Embung dan Waduk Secara Selektif dan Efektif.
   - Review kondisi embung yang ada secara menyeluruh.
   - Analisis dan Review keseimbangan kapasitas dan pemanfaatan embung.
   - Kebutuhan peningkatan daya tampung.
   - Konservasi lahan.
   - Untuk Pulau Jawa mulai dipikirkan wacana pembuatan Trans Java Kanal yang pertama kali digagas oleh van Blommestein (1964) dalam Soehoed (2002). Dua alternatif kanal diusulkan yaitu: 1. Dari Waduk Jatiluhur ke Timur sampai Tuban (Jatim) dan 2. Dari Waduk Jatiluhur ke Timur hanya sampai ke Kali Garang di Semarang. Wacana ini perlu kajian yang sangat detail dan multi aspek.
4. Penyesuaian Pola dan Tata Tanam.
   - Identifikasi masalah dan solusi pola tanam *existing*.
   - Sosialisasi pola tanam yang terpadu kabupaten/kota dan lintas.
   - Penentuan pola tanam untuk masing-masing sistem DAS dan irigasi.

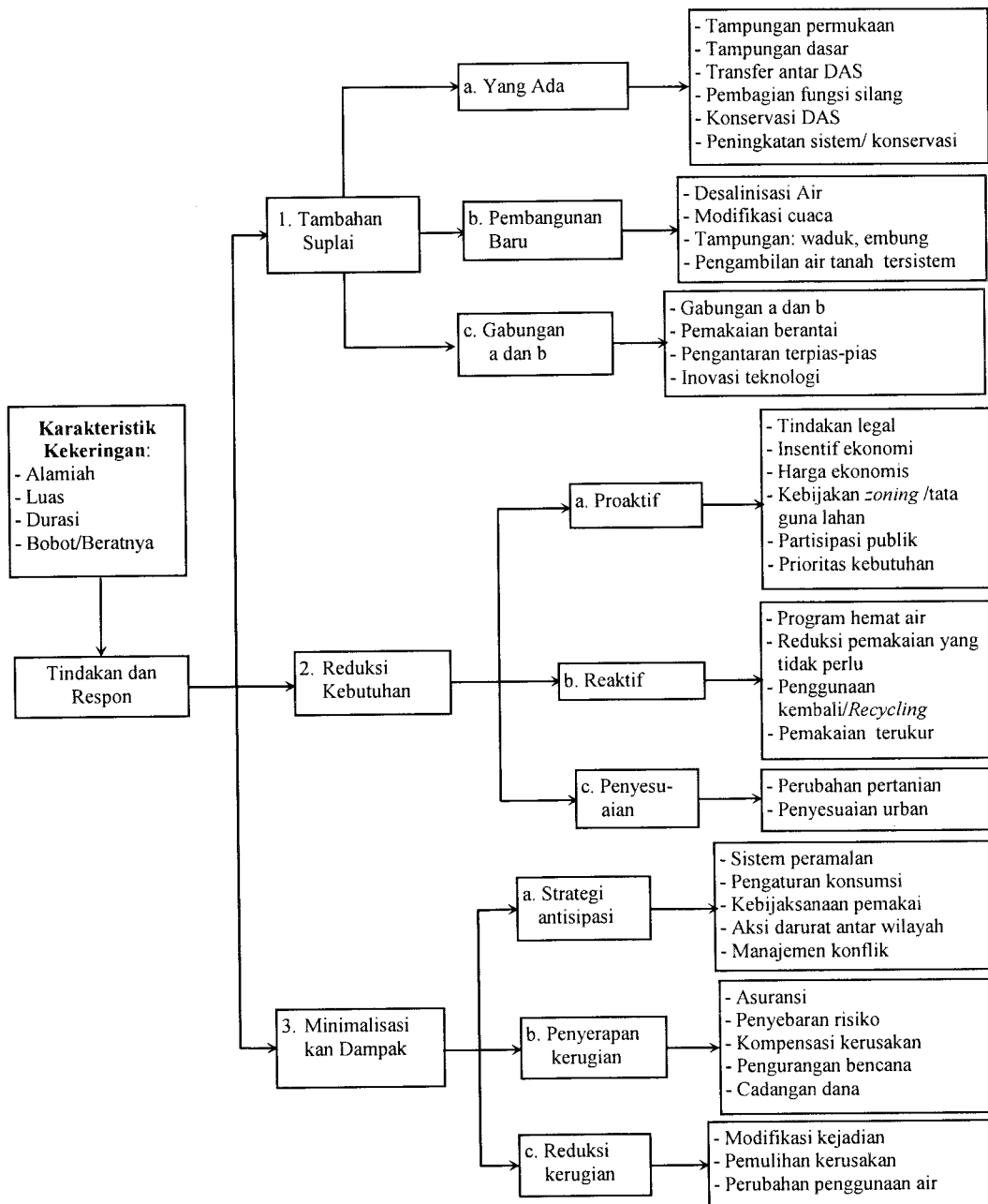
5. Kegiatan Yang Mendukung Kelestarian Alam.
   - Tinjauan secara komprehensip dan terpadu.
   - Potensi sumber daya air (ketersediaan).
   - Kebutuhan sumber daya air.
   - Alokasi masing-masing kebutuhan (proporsional).
   - Skala prioritas.
6. Analisis Pengelolaan Sumber Daya Air.
   - Identifikasi Pengelolaan Sumber Daya Air yang ada.
   - Pemanfaatan tataguna lahan Provinsi dan Kab/Kota.
   - Kajian Rencana Umum Tata Ruang Provinsi dan Kabupaten/Kota.
   - Potensi sumber daya air yang ada dan kebutuhan sumber daya air.

Dalam pengelolaan kekeringan ada dua sistem manajemen (Dziegieleweski, 1998), yaitu: pengelolaan kekeringan jangka panjang dan pengelolaan kekeringan jangka pendek. Untuk jangka panjang pendekatannya pada prinsipnya adalah melakukan tambahan suplai air dan program2 konservasi. Sedangkan pada jangka pendek adalah mereduksi pemakaian air dan kebocoran serta tindakan-tindakan darurat. Optimalisasi pengelolaan kekeringan adalah dengan menggabungkan kedua sistem manajemen tersebut. Beberapa hal yang perlu dilakukan dalam mengatasi kekeringan adalah (Dziegieleweski, 1998):

- Kampanye publik dan pendidikan konsumen untuk merubah sifat boros air.
- Promosi tentang penggunaan alat2 penyimpan dan penghemat air.
- Promosi tentang hemat air untuk tanaman (pertanian).
- Adopsi strategi batas harga yang efisien untuk mengurangi pemborosan air.
- Adopsi kebijakan *zoning* dan pertumbuhan untuk pengendalian penggunaan air.

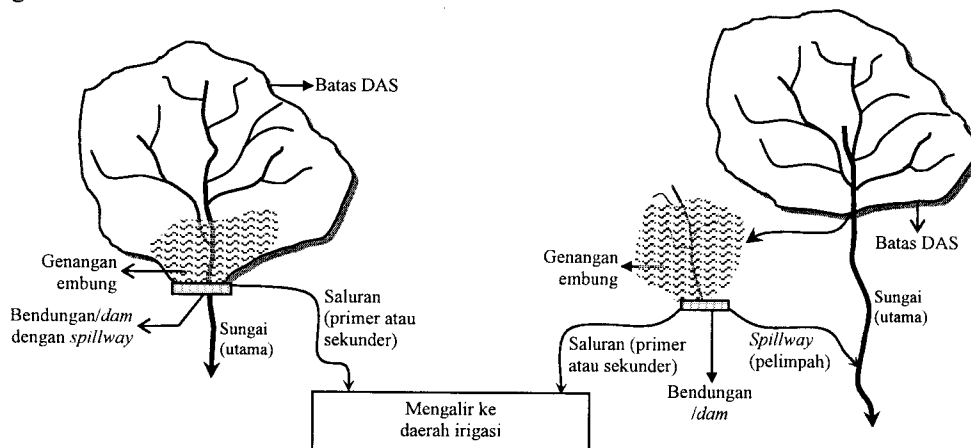
Hal-hal yang perlu dikaji di dalam pengelolaan masalah kekeringan adalah antara lain:

- Karakteristik Kekeringan: alamiah, luas, durasi, bobot/beratnya.
- Tindakan dan Respon: Tambahan suplai, reduksi kebutuhan dan minimalisasikan dampak.

Detail dari tindakan dan respon dalam manajemen masalah kekeringan ditunjukkan dalam Gambar 5-38.

Gambar 5-38. Tindakan dan respon dalam manajemen masalah kekeringan (Grigg dan Vlachos, 1990 & 1993)

5.4 Embung Atau Waduk Kecil

5.4.1 Umum

Embung adalah bangunan artifisial yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan air dengan kapasitas volume kecil tertentu, lebih kecil dari kapasitas waduk/bendungan. Embung bisa dibangun dengan membendung sungai kecil atau dapat dibangun di luar sungai. Gambar 5-39 menunjukkan lokasi embung.

a. Di atau dalam sungai utama b. di luar sungai utama

Gambar 5-39. Sketsa sederhana embung di sungai dan di luar sungai

Embung merupakan waduk kecil yang berfungsi untuk menampung air pada waktu air berlebih di musim hujan dan dipakai pada waktu kekurangan air di musim kemarau untuk berbagai kepentingan, misalnya air minum, irigasi, pariwisata, pengendalian banjir dll. (Kasiro dkk., 1997).

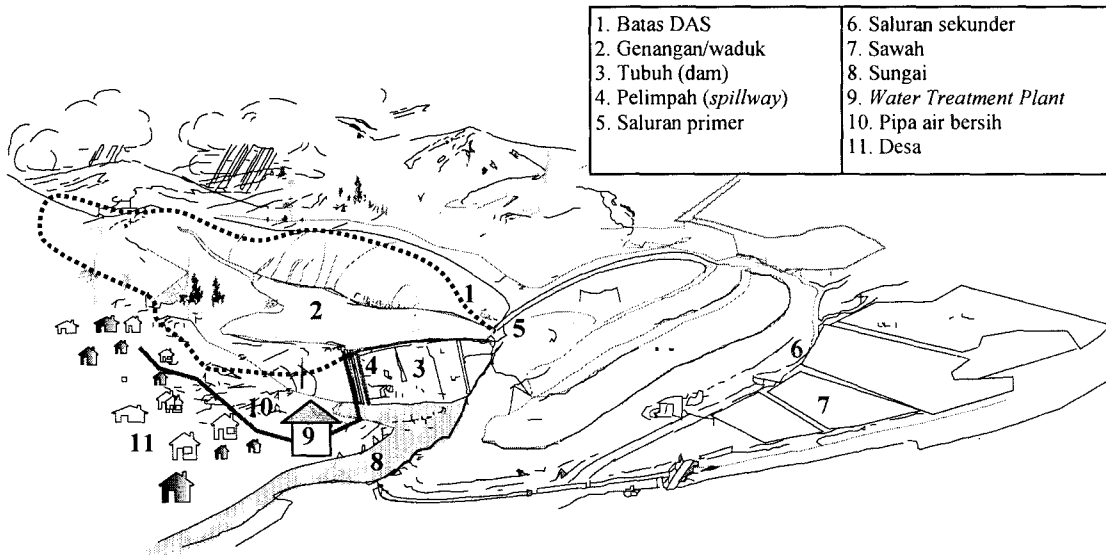
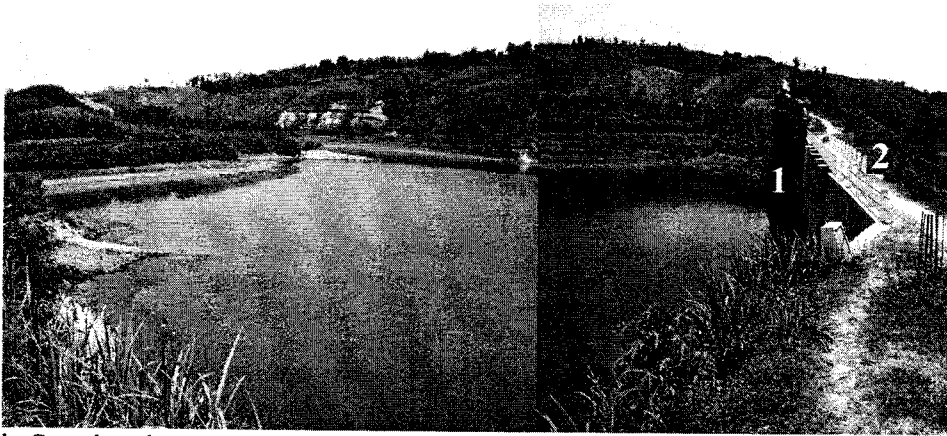
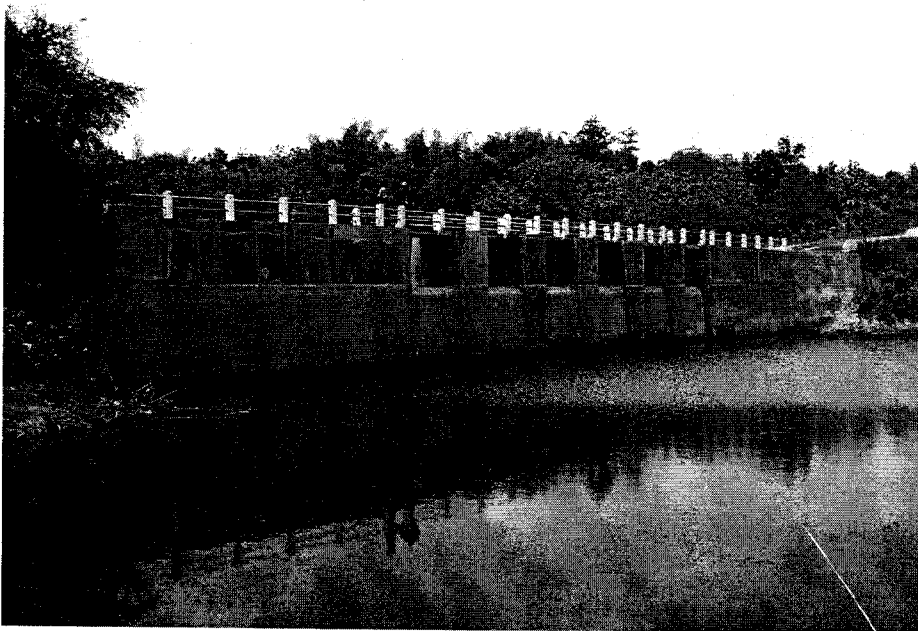
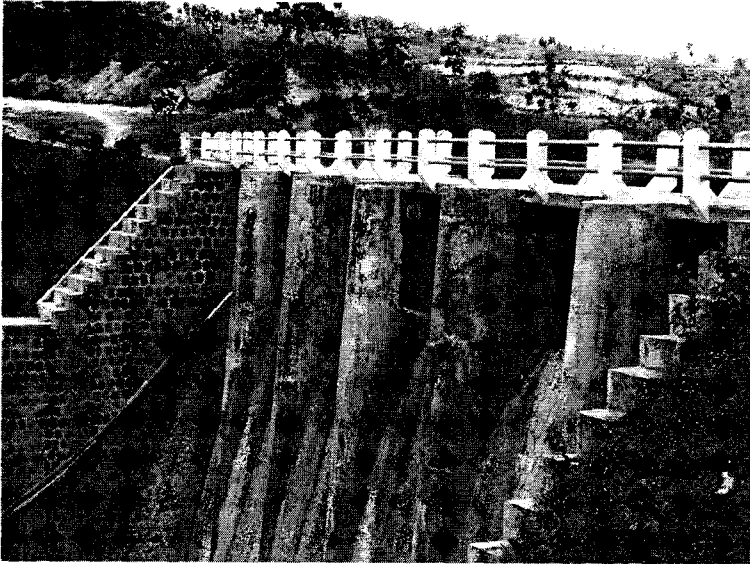
Kolam embung akan menyimpan air di musim hujan, dan kemudian air dimanfaatkan oleh suatu desa hanya selama musim kemarau untuk memenuhi kebutuhan dengan urutan prioritas: penduduk, ternak, dan kebun atau sawah. Jumlah kebutuhan tersebut akan menentukan tinggi tubuh embung, dan kapasitas tampung embung. Kedua besaran tersebut perlu dibatasi karena kesederhanaan teknologi yang dipakai. Batasan tersebut sebagai berikut (Kasiro dkk., 1997):

- Tinggi tubuh embung maksimum = 10,00 m untuk tipe urugan, dan 6,00 m untuk tipe graviti atau komposit; di mana tinggi tubuh embung diukur dari permukaan galian pondasi terdalam hingga ke puncak tubuh embung.
- Kapasitas tampung embung maksimum 100.000 m^3
- Luas daerah tadah hujan maksimum 100 ha = 1 km^2
- Embung dalam batasan ini merupakan embung kecil

Definisi yang lain menyebutkan (Kasiro dkk., 1997): embung merupakan bangunan yang berfungsi menampung air hujan untuk persediaan suatu desa musim kering. Selama musim kering air akan dimanfaatkan oleh desa untuk memenuhi kebutuhan penduduk, ternak, dan sedikit kebun. Di musim

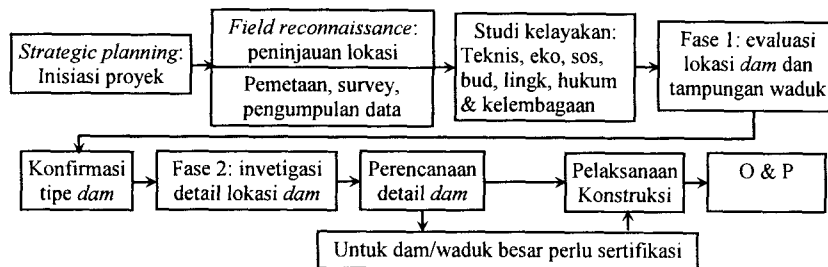
hujan embung tidak beroperasi karena air di luar embung tersedia cukup banyak untuk memenuhi ketiga kebutuhan di atas. Oleh karena itu pada setiap akhir musim hujan sangat diharapkan kolam embung dapat terisi penuh air sesuai desain. Untuk menjamin fungsi dan keamanannya embung mempunyai beberapa bagian yaitu:

- Tubuh embung berfungsi menutup lembah atau cekungan (depresi) sehingga air dapat tertahan di bagian hulunya.
- Kolam embung berfungsi menampung air hujan.
- Alat sadap berfungsi mengeluarkan air kolam bisa diperlukan.
- Jaringan distribusi, berupa rangkaian pipa, berfungsi membawa air dari kolam ke bak tandon air harian di atau dekat pemukiman (desa) secara gravitasi dan bertekanan, sehingga pemberian air tidak menerus (tidak kontinyu).
- Pelimpah berfungsi mengalirkan banjir dari kolam ke lembah untuk mengamankan tubuh embung atau dinding kolam terhadap peluapan.

Sketsa gambaran embung diilustrasikan dan contoh dokumentasi ditunjukkan dalam Gambar 5-40.

a. Ilustrasi sederhana embung

b. Contoh embung

c. Detail 1 Gambar b.: Dokumentasi bagian hulu tubuh embung

d. Detail 2 Gambar b: Dokumentasi bagian hilir tubuh embung

Gambar 5-40. Sketsa gambaran embung dan dokumentasi

5.4.2 Proses Perencanaan dan Pelaksanaan

Beberapa hal substansi penting dalam proses perencanaan dan pelaksanaan pembuatan embung/waduk kecil ditunjukkan dalam Gambar 5-41.

Gambar 5-41. Tahap dan proses pembuatan embung/waduk kecil (Novak dkk., 1990)

Salah satu hal penting untuk keberlanjutan fungsi embung sebagai tampungan air adalah sedimen karena akan memperkecil tampungan dan konsekuensinya adalah berkurangnya umur embung/waduk.

Sumber air dari embung biasanya adalah dari aliran air sungai. Umumnya, sungai mengalir membawa air dan sedimen. Sistem pengendalian erosi dan sedimen telah dijelaskan dalam Sub-Bab 5.3.7.

Persoalan sedimen pada embung/waduk memberikan beberapa konsekuensi yang pada prinsipnya dapat dibagi dua, yaitu konsekuensi di bagian hulu (*upstream*) dan konsekuensi di bagian hilir

(*downstream*) waduk. Fan dan Morris (1998) menjelaskan beberapa konsekuensi keberadaan sedimen yang berpengaruh kepada kapasitas dan umur waduk serta sistem sungainya, meliputi:

- Konsekuensi di bagian hulu:
  - kehilangan kapasitas
  - *delta deposition*
  - *navigation*
  - polusi udara
  - bahaya gempa
  - abrasi
  - kehilangan energi
  - pengaruh pada *intake & outlet*

- Konsekuensi bagian hilir

  Dampak lingkungan di sistem sungainya karena reduksi aliran dan sedimen yang terperangkap dalam waduk, perubahan dinamika nutrisi, perubahan temperatur air. Air bersih tanpa sedimen (*clear water*) memberi pengaruh pada keseimbangan sedimen di aliran sungai bagian hilir. Timbul persoalan gerusan (*scouring*) dan degradasi (pengurangan) sedimen. Penurunan muka air di bagian pengambilan (*intake*), pengurangan kedalam air untuk navigasi, penurunan muka air tanah, pengaruh negatif kepada lahan basah (*wetland*) dan daerah pertanian

Konsekuensi tersebut diuraikan dengan maksud agar dapat dijadikan pertimbangan penting dalam pembangunan embung atau waduk.

5.5 Rawa

Rawa adalah lahan genangan air secara ilmiah yang terjadi terus-menerus atau musiman akibat drainase yang terhambat serta mempunyai ciri-ciri khusus secara fisika, kimiawi dan biologis (http://id.wikipedia.org/wiki/Rawa, 2009).

Definisi yang lain dari rawa adalah semua macam tanah berlumpur yang terbuat secara alami, atau buatan manusia dengan mencampurkan air tawar dan air laut, secara permanen atau sementara, termasuk daerah laut yang dalam airnya kurang dari 6 m pada saat air surut yakni rawa dan tanah pasang surut. Rawa-rawa, yang memiliki penuh nutrisi, adalah gudang harta ekologis untuk kehidupan berbagai macam makhluk hidup. Rawa-rawa juga disebut "pembersih alamiah", karena rawa-rawa itu berfungsi untuk mencegah polusi atau pencemaran lingkungan alam. Dengan alasan itu, rawa-rawa memiliki nilai tinggi dalam segi ekonomi, budaya, lingkungan hidup dan lain-lain, sehingga lingkungan rawa harus tetap dijaga kelestariannya (http://id.wikipedia.org/wiki/ Rawa, 2009).

Rawa adalah lahan basah (*wetlands*) yang menggambarkan genangan sementara atau permanen oleh badan air yang dangkal pada suatu lahan area besar (http://en.wikipedia.org/wiki/Swamp, 2009). Rawa adalah kawasan yang terletak di zona peralihan antara daratan yang kering secara permanen dan perairan yang berair secara permanen (Maltby, 1992).

Wetlands adalah salah satu diantara ekosistem bumi yang paling penting. Rawa adalah ekosistem yang terletak antara ekosistem kering permanen dan ekosistem basah permanen. Sebagian besar lahan rawa tergenangi air secara permanen. Kurang lebih 6 % permukaan bumi adalah rawa. Rawa juga sebagai pengisi air tanah dan pelindung banjir (http://www.daimi.au.dk/~jba/hyper wiki/index.php/Swamp; Mitch & Gosselink, 2007).

Dari sisi sumber air tanah maka rawa merupakan pengendali air tanah karena umumnya berada di daerah CAT, sekaligus pengendali sumber daya air. Mempertahankan rawa berarti juga mempertahankan fungsi sebagai sumber daya air sehingga keberadaan air rawa harus terus diupayakan dalam kondisi *ajeg* segar.

Ekosistem rawa digolongkan sebagai ekosistem yang berada antara ekosistem darat dan ekosistem air (peralihan). Di kawasan peralihan tersebut ada campuran organisme darat, organisme air dan organisme khas yang hanya hidup di lingkungan rawa. Untuk dapat disebut sebagai rawa salah satu atau lebih dari tiga kondisi berikut harus terpenuhi:

1. Tanah yang dapat mendukung tumbuhan hidrofita (tanaman yang hidup dalam lingkungan air) paling tidak secara periodik.
2. Wilayah yang didominasi oleh lahan basah yang tidak terdrainase atau berada dalam keadaan yang cukup basah untuk periode yang agak panjang sehingga menimbulkan keadaan yang *anaerob* yang menghambat pertumbuhan jenis tumbuhan tertentu.
3. Wilayah yang terdiri dari media bukan tanah seperti pasir, kerikil dan batu yang jenuh dengan air atau ditutupi oleh genangan air yang dangkal secara permanen atau dalam beberapa waktu tertentu.

Dalam RPP tentang Rawa (Agustus 2008) definisi rawa disebutkan yaitu adalah sumber daya air berupa genangan air terus menerus atau musiman yang terbentuk secara alamiah merupakan satu kesatuan jaringan sumber air dan mempunyai ciri-ciri khusus secara fisik, kimiawi dan biologis:

- Ciri fisik, umumnya kondisi tanahnya cekung dengan topografi relatif datar.
- Ciri kimiawi, umumnya derajat keasaman airnya rendah, dan/atau tanahnya bersifat anorganik atau mengandung pirit.
- Ciri biologis, pada umumnya terdapat flora dan fauna yang spesifik.

Walaupun lingkungan rawa tidak cocok untuk sebagian besar tanaman darat, namun rawa termasuk salah satu ekosistem yang paling produktif di permukaan bumi dalam menghasilkan biomassa di samping muara sungai dan hutan tropis. Biomassa adalah bahan yang diproduksikan dalam jaringan tumbuhan dengan bahan baku dari lingkungan dan sumber energi dari matahari atau bahan yang diproduksikan dalam tubuh hewan dengan bahan baku dan sumber energi dari tanaman. Di perairan rawa terdapat organisme aquatik yang memiliki produktivitas yang relatif tinggi dibandingkan dengan organisme darat. Artinya dalam areal dan waktu yang setara, jumlah biomassa yang mampu diproduksi oleh organisme air lebih banyak dari yang diproduksi oleh organisme darat. Dengan produktivitasnya yang tinggi tersebut, rawa dapat mendukung kehidupan organisme lain baik yang berada di ekosistem darat maupun di ekosistem air.

Air yang ada di daerah rawa tersebut dapat berasal dari air hujan maupun lupan banjir dari sungai-sungai terdekat. Rawa merupakan daerah yang mempunyai arti penting dalam menunjang aspek fisik lingkungan suatu daerah aliran sungai. Daerah rawa yang berada di suatu lembah sungai dapat berfungsi sebagi filter yang menjernihkan air sebelum masuk ke sungai, air yang mengalir dari daerah yang lebih tinggi mempunyai kecepatan yang kecil karena adanya hambatan dari tumbuhan sehingga sedimen dapat terendapkan. Air segar yang ada di rawa juga merupakan daerah tempat berkembangbiaknya ikan dan burung dan sumber air minum bagi binatang buas di musim kemarau. Selain itu, rawa juga berfungsi sebagai reservoir air yang dapat menjaga elevasi muka air daerah di atasnya maupun daerah genangan yang dapat meredam terjadinya banjir di daerah hilir. Oleh karena itu pengubahan daerah rawa menjadi daerah pertanian dengan pengembangan jaringan saluran akan mengusik suasana lingkungan tersebut. Untuk menghindari terjadinya degradasi lingkungan perlu dilakukan usaha perlindungan dan konservasi sebagian daerah rawa untuk keberlanjutan (*sustainability*) lingkungan (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006).

Rawa dapat menghasilkan pendapatan yang lebih tinggi daripada lahan kering. Produktivitas yang tinggi dari lahan rawa dapat dicapai karena rawa menerima secara permanen limpahan unsur hara yang berasal dari daratan yang berada di sekeliling rawa. Ditambah dengan pasokan air yang melimpah, rawa mempunyai kemampuan besar untuk mendukung pertumbuhan tanaman baik kecil maupun besar yang mengkonvensi bahan organik dengan bantuan energi matahari menjadi bahan anorganik yang dibutuhkan oleh hewan dan manusia sebagai sumber energi.

Rawa juga merupakan ekosistem yang paling internasional dari semua ekosistem lainnya di muka bumi. Beragam jenis burung dari belahan bumi Utara maupun Selatan sering singgah di rawa sebagai tempat transit untuk beristirahat dan menambah pasokan energi dalam perjalanan pulang.

5.5.1 Jenis Lahan Rawa

Dalam keadaan alaminya, lahan rawa pada umumnya berdrainase buruk dan biasanya tergenangi air dalam waktu yang relatif lama. Umumnya, lahan rawa dapat dibedakan menjadi 3, yaitu (Dit. Rawa Pantai, 2008):

- Lahan rawa pasang surut, lokasinya berada di sepanjang pesisir dan di sepanjang ruas sungai bagian hilir pada rezim sungai yang dipengaruhi fluktuasi muka air pasang surut harian. Umumnya meliputi zona mangrove diikuti kemudian dengan rawa air tawar yang cukup luas arealnya. Elevasi lahannya sebagian terbesarnya berada di sekitar taraf muka air pasang tinggi. Kawasan ini ditandai keberadaannya oleh genangan dangkal pada musim penghujan terutama diakibatkan oleh air hujan yang terakumulasi karena drainasenya terhambat. Setiap harinya pada saat muka air sungai dalam keadaan surut pada umumnya memberikan peluang bagi berlangsungnya proses drainase air yang berkelebihan mengalir keluar. Di kawasan-kawasan tertentu, muka air sungai pada saat pasang memberikan peluang bagi berlangsungnya irigasi pasang surut.
- Lahan rawa non pasang surut, letaknya berada di luar zona pasang surut, seringkali disebut sebagai lahan rawa lebak. Kawasan ini lebih banyak dipengaruhi oleh fluktuasi musiman muka air sungai dan pada saat musim penghujan lahannya bisa terendam air dengan genangan yang cukup dalam. Karena tidak adanya muka air surut harian pada sungai di kawasan ini, maka perencanaan drainase bagi pengembangan lahan rawa lebak memerlukan kriteria tersendiri. Pada kebanyakan kawasannya bahkan memerlukan upaya pengamanan dari luapan banjir sungai.
- Lahan rawa pedalaman, adalah lahan rawa yang tidak termasuk dalam klasifikasi yang disebutkan di atas, biasanya terletak di kawasan yang di sekitarnya adalah lahan kering (*uplands*). Lahan rawa jenis ini luasannya relatif kecil.

5.5.2 Fungsi Lahan Rawa

Lahan rawa mempunyai bermacam-macam fungsi yang dapat dikelompok-kan menjadi (Dit. Rawa & Pantai, 2008):

1. Fungsi hidrologis
2. Fungsi pelindung lingkungan
3. Fungsi kawasan lindung
4. Fungsi kawasan budidaya
5. Fungsi strategis rawa
6. Fungsi lingkungan hidup
7. Fungsi sosial
8. Fungsi ekonomi.

Keterangan: 6, 7 & 8 menurut Pasal 4 RPP Rawa)

1. Fungsi hidrologis

Rawa mampu mendukung aneka ragam kehidupan, rawa juga mempunyai fungsi hidrologis sebagai kawasan penyangga untuk menampung air dalam jumlah besar yang berasal dari curahan hujan lebat agar jangan langsung membanjiri dataran rendah di hilir rawa.

Ketika beban puncak curah hujan terjadi, rawa meredam besarnya aliran air yang keluar dari sana. Sebaliknya, kalau musim kemarau ketika curah hujan rendah atau nol, rawa melepaskan sedikit demi sedikit cadangan air yang dikandungnya ke perairan. Dalam hal ini rawa berfungsi untuk mengurangi besarnya fluktuasi aliran air yang mengalir di perairan. Sama seperti dengan fungsi hutan di daerah pegunungan, rawa adalah regulator aliran air tetapi daya tampung rawa lebih besar. Fungsi regulator kontinuitas aliran air ini sangat penting bagi makluk hidup termasuk manusia yang berdiam di hilir rawa. Pasokan air yang terus menerus sangat penting bagi manusia, terutama untuk keperluan konsumsi, produksi bahan makanan, produksi energi listrik, transportasi dsb. Bagi makhluk hidup lain terutama tumbuhan dan hewan akuatik, aliran air yang terus-menerus ke dalam habitatnya merupakan faktor penentu bagi kelangsungan hidupnya. Selama musim kemarau tempat-tempat rendah di rawa-rawa yang biasanya tidak mengalami kekeringan secara total menjadi tempat pengungsian bukan hanya bagi ikan, amfibi, reptilia yang hidup dalam rawa tetapi juga bagi fauna darat yang membutuhkan air dan sumber makanan.

Dalam siklus hidrologi, air yang berawal dari laut, menguap turun ke bumi berupa hujan, kemudian mengalir lagi ke laut, rawa berperan untuk memperbaharui cadangan air tanah yang menurun secara terus-menerus akibat mengalir ke tempat yang lebih rendah dan atau akibat pengambilan oleh manusia. Karena itu, rawa tawar yang berada di pinggir laut sangat besar perannya untuk menaikan permukaan air tawar di bawah tanah (air tanah) sehingga intrusi air asin ke daratan dapat dihindari.

2. Fungsi pelindung lingkungan

Secara fisik rawa juga berfungsi sebagai pelindung lingkungan baik lingkungan darat dan lingkungan perairan. Lingkungan darat dilindungi oleh rawa dari gempuran gelombang air yang dapat menyebabkan erosi tanah di pinggir laut, danau, atau sungai. Rapatnya tumbuhan yang hidup di rawa seperti bakau, nipah, dan rerumputan akuatik lainnya akan meredam kekuatan gelombang yang menuju daratan. Sedangkan lingkungan perairan dilindungi oleh rawa melalui proses penyaringan air tercemar yang singgah di kawasan rawa sebelum memasuki perairan.

3. Fungsi kawasan lindung

Selain itu rawa juga mempunyai beberapa fungsi lain, berdasarkan fungsi utamanya rawa dapat berfungsi sebagai kawasan lindung dan kawasan budidaya serta berdasarkan fungsi strategis rawa dapat berfungsi sebagai sebagai kawasan tertentu, kawasan andalan maupun kawasan tertinggal.

Kawasan lindung merupakan kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumberdaya alam dan sumberdaya buatan. Kriteria pengembangan lahan rawa sebagai kawasan lindung adalah:

- Kawasan tanah bergambut dengan ketebalan 3 meter atau lebih yang terdapat di bagian hulu sungai dan rawa.
- Kawasan pantai berhutan bakau.
- Memiliki sumberdaya alam yang khas dan unik berupa jenis tumbuhan maupun jenis satwa yang perlu dilestarikan.
- Kawasan yang mempunyai komunitas alam yang unik, langka, dan indah.

4. Fungsi kawasan budidaya

Kawasan budidaya merupakan kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumber daya manusia dan sumber daya buatan. Kriteria pengembangan lahan rawa sebagai kawasan budidaya adalah:

- Kawasan yang secara teknis dapat dimanfaatkan sebagai kawasan budidaya.
- Kawasan yang dapat meningkatkan perkembangan pembangunan lintas sektor dan sub sektor kegiatan ekonomi sekitarnya.
- Kawasan yang apabila digunakan untuk budidaya akan meningkatkan pendapatan nasional dan daerah.
- Kawasan yang apabila digunakan untuk budidaya tidak mengganggu fungsi lindung dan pelestarian sumber daya alam.

5. Fungsi strategis rawa

Kawasan tertentu merupakan kawasan yang ditetapkan secara nasional mempunyai nilai strategis yang penataan ruangnya diprioritaskan. Kriteria kawasan tertentu adalah:

- Kawasan yang mempunyai skala kegiatan produksi dan atau potensi sumber daya alam, sumber daya buatan, dan sumber daya manusia yang besar dan berpengaruh terhadap pengembangan aspek ekonomi, demografi, politik, pertahanan, dan keamanan serta pengembangan wilayah sekitarnya.
- Kawasan yang mempunyai skala kegiatan produksi dan atau potensi sumber daya alam, sumber daya buatan, dan sumber daya manusia yang besar serta usaha dan atau kegiatannya berdampak besar dan penting terhadap kegiatan sejenis maupun kegiatan lain baik di wilayah bersangkutan, wilayah sekitarnya maupun wilayah negara.
- Kawasan yang memiliki faktor pendorong besar bagi peningkatan kesejahteraan sosial ekonomi masyarakat baik di wilayah yang bersangkutan maupun di wilayah sekitarnya.
- Kawasan yang mempunyai keterkaitan yang saling mempengaruhi dengan kegiatan yang dilaksanakan di wilayah lainnya yang berbatasan baik dalam lingkup nasional maupun regional.
- Kawasan yang mempunyai posisi strategis serta usaha dan atau kegiatannya berdampak besar dan penting terhadap kondisi politis dan pertahanan keamanan nasional serta regional.

Kawasan andalan merupakan kawasan-kawasan yang dapat berperan mendorong pertumbuhan ekonomi kawasan itu sendiri dan kawasan di sekitarnya, serta dapat mewujudkan pemerataan pemanfaatan ruang di wilayah nasional. Kawasan andalan ditentukan berdasarkan potensi yang ada, memiliki aglomerasi pusat-pusat permukiman perkotaan dan kegiatan produksi serta pertimbangan daerah sekitarnya. Dalam kawasan andalan dihasilkan sektor-sektor unggulan berdasarkan potensi sumberdaya alam kawasan. Kawasan ini ditetapkan untuk mengupayakan sinergi keselarasan pengembangan antar wilayah dan antarsektor.

Kawasan tertinggal merupakan suatu kawasan permukiman penduduk dengan segala kegiatan sosial, budaya dan ekonominya yang terletak baik di kawasan budidaya (seluruhnya atau sebagian) maupun di kawasan lindung (seluruhnya atau sebagian) dengan tingkat pertumbuhan atau perkembangan seluruh aspek kehidupannya (kegiatan sosial, budaya dan ekonominya) lebih rendah atau tertinggal dibandingkan dengan kawasan permukiman lainnya. Kawasan tertinggal memiliki ciri-ciri antara lain rendahnya kualitas sumberdaya alam yang meliputi struktur fisik, lahan, ekologi dan ekosistemnya, rendahnya kualitas sumber daya manusia yang meliputi aspek ekonomi, politik, sosial dan budaya serta rendahnya kualitas prasarana dan sarana pendukungnya.

Kriteria fungsi kawasan bagi pengembangan lahan rawa berdasarkan fungsi-fungsi utama dan strategis ditunjukkan dalam Tabel 5-17.

Tabel 5-17. Kriteria fungsi kawasan bagi pengembangan lahan rawa (Dit. Rawa & Pantai, 2008 dan 2006)

Berdasarkan Fungsi Utama		Berdasarkan Fungsi Strategis		
Lindung	Budidaya	Tertentu	Andalan	Tertinggal
- Bergambut >3m - Jenis tumbuhan & satwa khas dan unik - Komunitas alam langka	- Syarat teknis budidaya - Pembangunan lintas sektor - Dapat meningkatkan pendapatan nasional & daerah - Tidak mengganggu fungsi lindung dan sumberdaya alam	- Sumberdaya alam besar - Berpengaruh pada kegiatan lain di wilayah sekitar - Posisi strategis	- Mendorong pertumbuhan ekonomi sektor - Aglomerasi pusat2 permukiman & kegiatan produksi - Potensi sektor unggulan	- SD Alam rendah - SD Manusia rendah - Prasarana & sarana pendukung rendah

6. fungsi lingkungan hidup, fungsi sosial dan fungsi ekonomi

Berdasarkan Pasal 4 RPP Tentang Rawa, rawa mempunyai fungsi lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi yang penyelenggaraan serta perwujudannya dilaksanakan secara selaras. Penyelenggaraan serta perwujudan dilaksanakan "secara selaras" dimaksudkan bahwa dalam penyelenggaraan pengelolaan rawa dilaksanakan secara seimbang, dan tidak berarti bahwa fungsi yang satu lebih penting dari yang lain.

- Fungsi lingkungan hidup mengandung pengertian rawa sebagai bagian ekosistem, merupakan tempat kelangsungan hidup flora dan fauna.
- Fungsi sosial mengandung pengertian kepentingan umum lebih diutamakan dari pada kepentingan individu dan perlu mempertimbangkan faktor budaya masyarakat setempat.
- Fungsi ekonomi mengandung pengertian rawa dapat didayagunakan melalui upaya reklamasi untuk menunjang kegiatan usaha melalui penyiapan prasarana dan sarana bagi keperluan lahan permukiman, pertanian, perkebunan, perikanan, industri, dan perhubungan serta pariwisata.

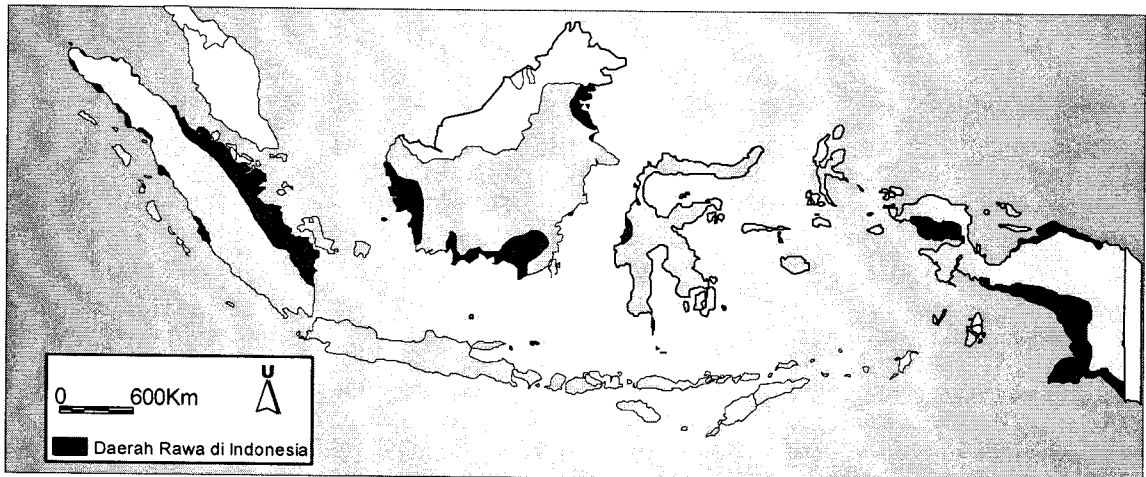
5.5.3 Potensi dan Kondisi Rawa di Indonesia

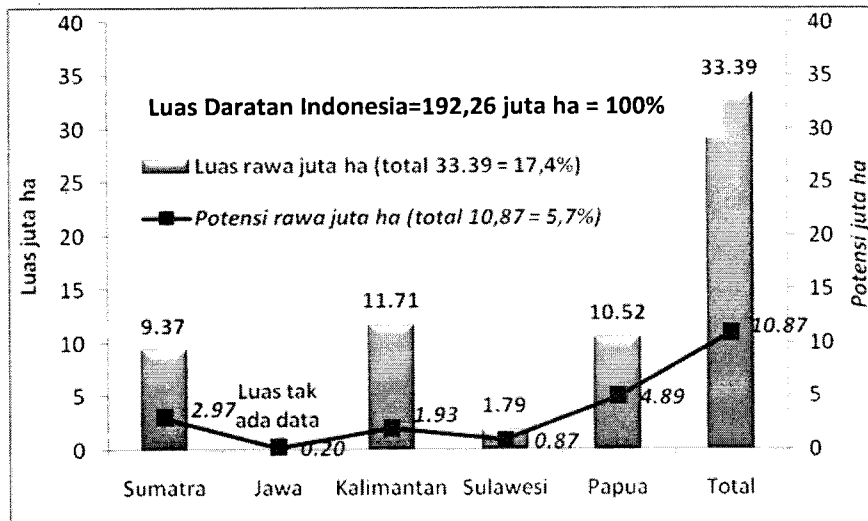
Indonesia memiliki daerah rawa yang sangat luas, terutama terdapat di Pulau-Pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Namun, walaupun belum ada data terbaru yang pasti, luasan daerah rawa di Indonesia diyakini terus berkurang dalam jumlah yang signifikan.

Lahan rawa pasang surut di Indonesia termasuk di dalam iklim hujan tropis dengan temperatur, kelembaban udara dan curah hujan yang tinggi. Temperatur harian rata-rata berkisar antara 25^0 C sampai 30^0 C, dengan sedikit fluktuasi musiman. Kelembaban udara pada umumnya di atas 80 %. Besarnya evapotranspirasi bervariasi antara 3,5 dan 4,5 mm/hari. Curah hujan tahunan rata-rata pada sebagian besar areal lahan rawa berkisar antara 2.000 sampai 2.500 mm.

Variasi bulanan curah hujan rata-rata sangat penting dan menentukan pola tanam musiman, khususnya kemungkinan dapat dilakukannya tanam kedua dengan sistem tadah hujan. Berdasarkan kriteria dan klasifikasi agroklimat Oldeman, paling sedikit dibutuhkan 7 bulan basah (curah hujan lebih dari 200 mm/bulan) untuk dapat tanam padi dua kali setahun (tipe iklim A dan B). Dengan demikian, sebagian besar lahan rawa pasang surut di Indonesia mempunyai peluang untuk dapat ditanami padi dua kali setahun.

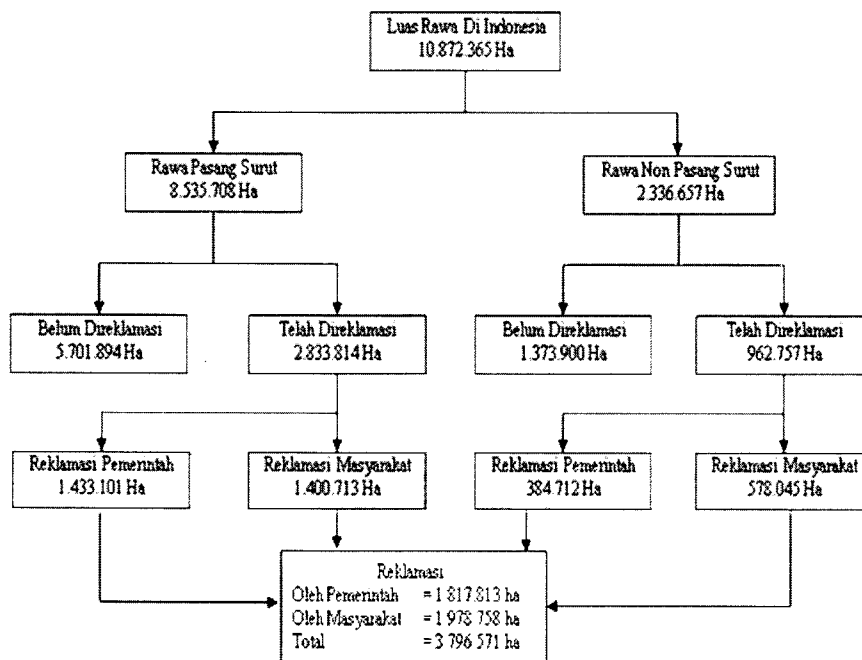
Sesuai dengan UU No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, rawa merupakan salah satu sumber daya air. Sebagai sumber daya air, rawa merupakan salah satu sumber daya alam yang potensial bagi kesejahteraan masyarakat, sehingga potensi yang ada pada lahan rawa perlu dilestarikan dan dikembangkan atau ditingkatkan fungsi dan manfaatnya. Potensi pemanfaatan lahan rawa selain ditujukan untuk pengembangan (ekstensifikasi) lahan pertanian yang produktif, berfungsi pula sebagai sumber daya alam (lahan dan air) serta sebagai lahan konservasi.

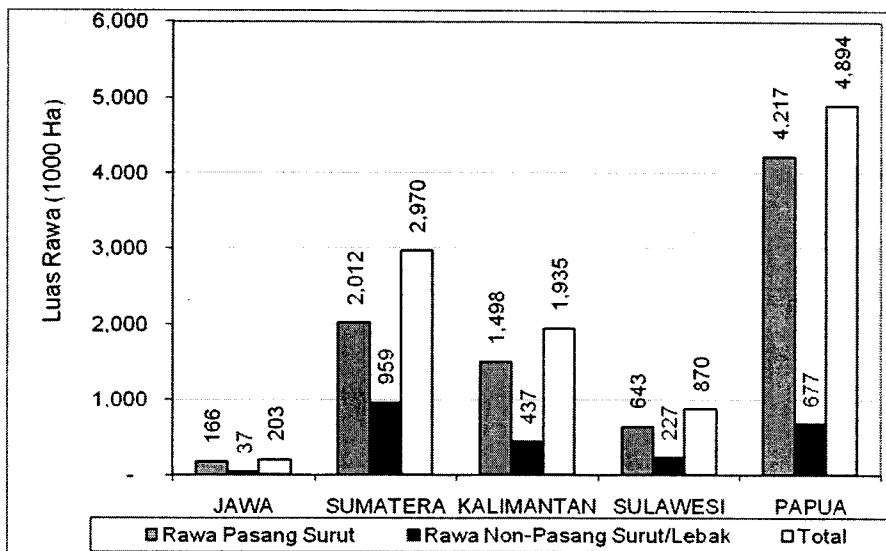
Luas Indonesia adalah 518,01 juta ha atau (5,18 juta km^2) terdiri atas luas daratan 192,26 juta ha (37%) dan luas perairan 325,75 juta ha (63%). Total luas rawa 33,39 juta ha dan yang potensial adalah 10,87 juta ha (lihat Gambar 5-39) (http://www.ri.go.id; http://en.wikipedia. org/wiki/Indonesia; Dit Rawa dan Pantai, 2006). Perincian luas rawa ditunjukkan dalam Gambar2 5-42 & 5-43.

Catatan:
Luas total Indonesia adalah 518,01 juta ha atau 5,18 juta km^2:
- Luas perairan 325,75 juta ha atau 3,26 juta km^2 (= 63% terhadap luas total)
- Luas daratan 192,26 atau 1,92 juta km^2 (= 37% terhadap luas total)
- Luas Rawa = 33,39 juta ha = 17,4 % terhadap luas daratan
- Potensi Rawa = 10,87 juta ha = 5,7 % terhadap luas daratan

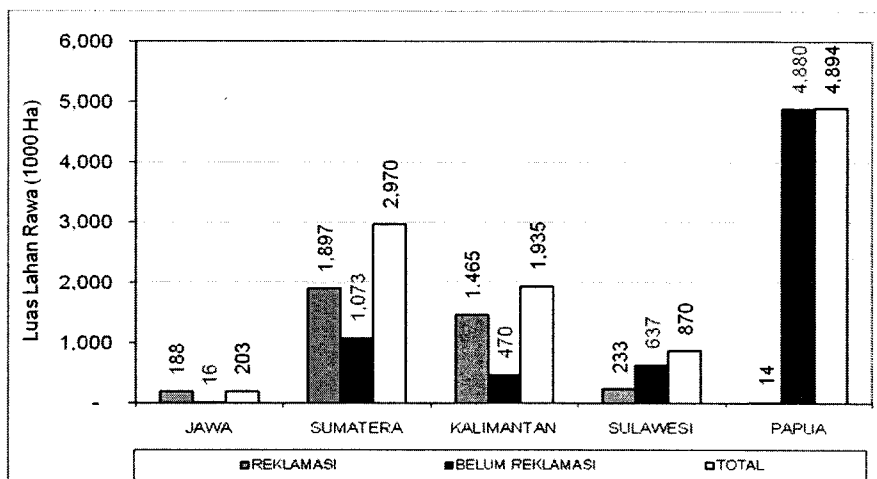
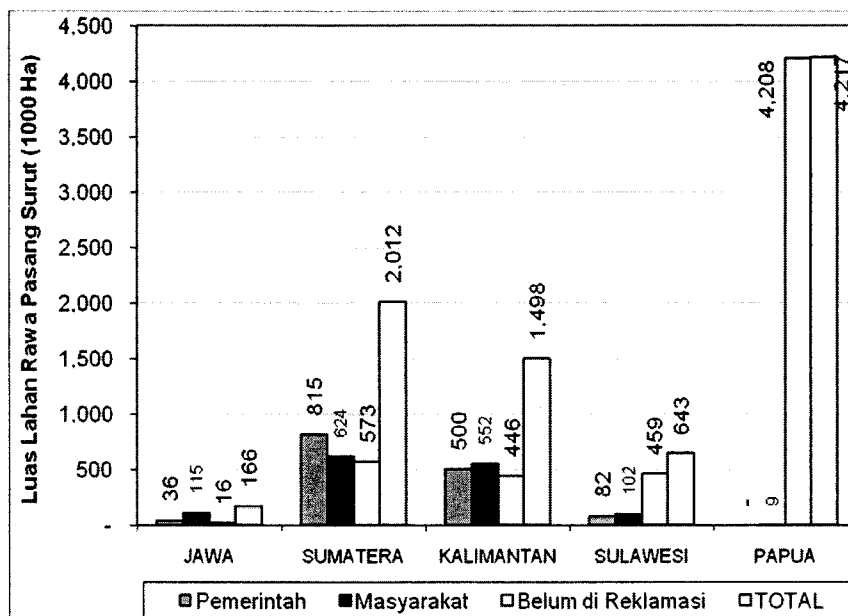
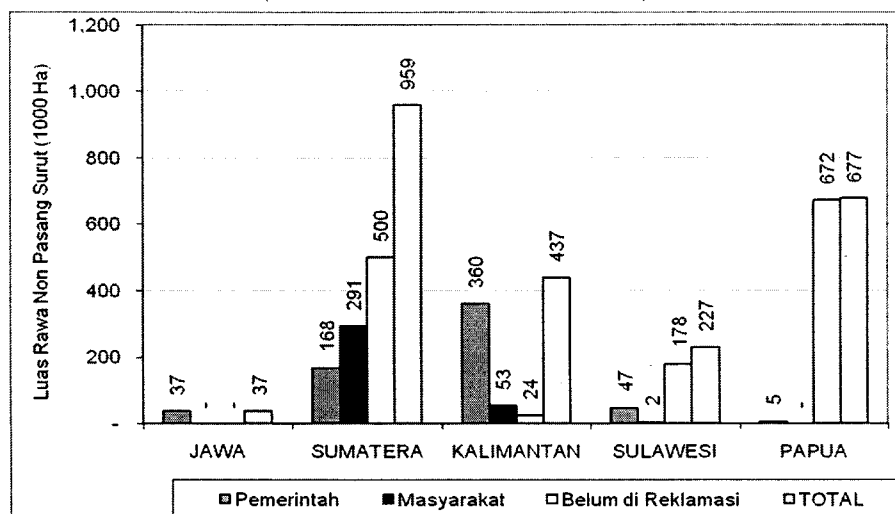
Gambar 5-42. Peta potensi daerah rawa di Indonesia (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Gambar 5-43. Grafik luas total dan potensi rawa di Indonesia (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

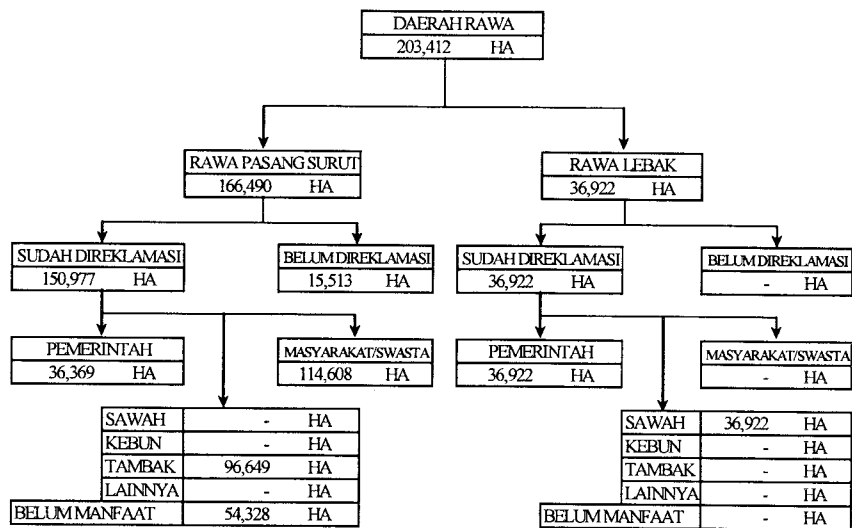
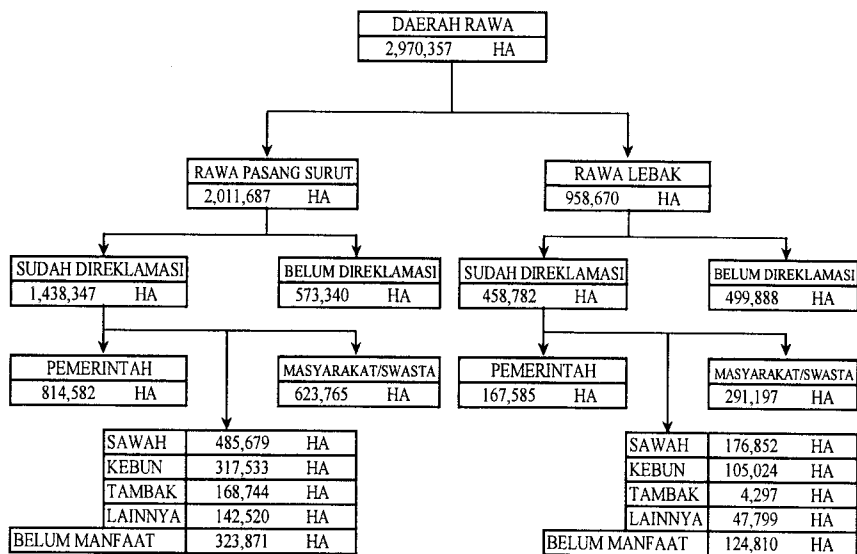
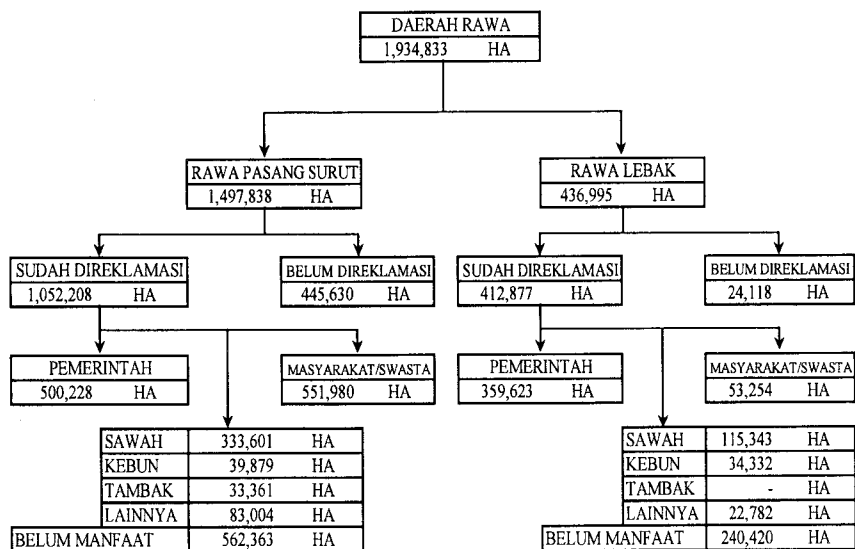
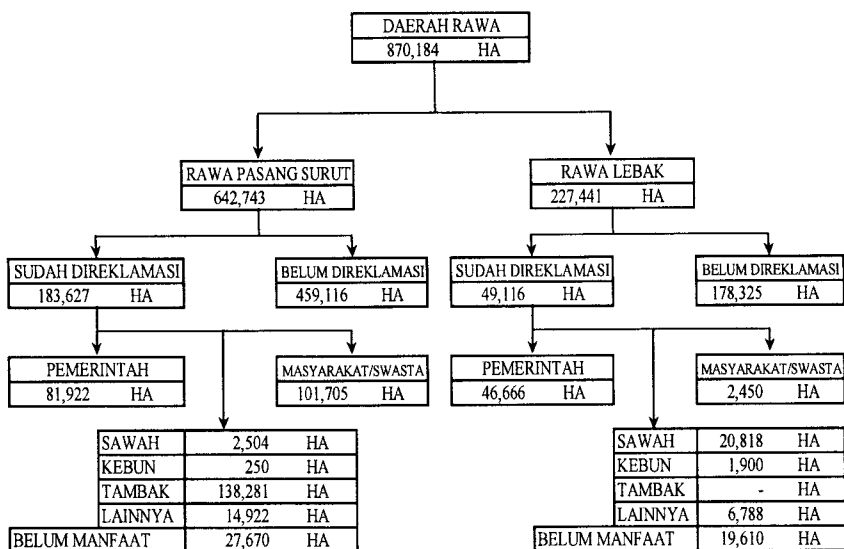
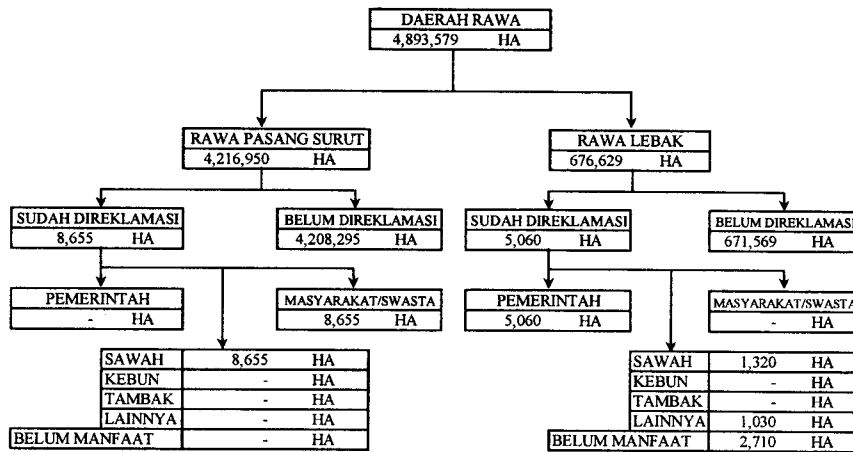
Luas daerah rawa yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah 10.872.365 Ha tersebut terdiri dari daerah rawa pasang surut seluas 8.535.708 Ha dan daerah rawa non pasang surut seluas 2.336.657 Ha.

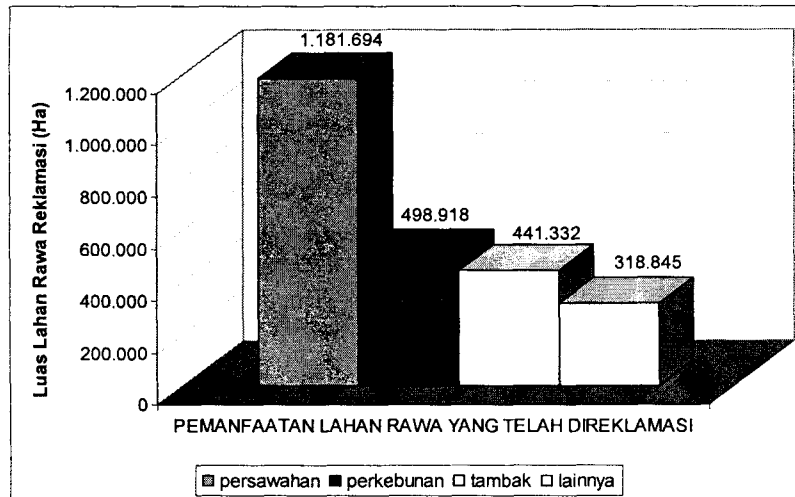
Dari luas rawa pasang surut yang ada untuk daerah rawa yang belum direklamasi 5.701.894 Ha dan yang sudah direklamasi seluas 2.833.814 Ha dimana direklamasi oleh pemerintah seluas 1.433.101 Ha dan direklamasi oleh masyarakat seluas 1.400.713 Ha. Untuk daerah rawa non pasang surut, daerah rawa yang belum direklamasi seluas 1.373.900 Ha dan yang sudah direklamasi seluas 962.757 Ha dimana direklamasi oleh pemerintah seluas 384.712 Ha dan direklamasi oleh masyarakat seluas 578.045 Ha. Sehingga total luas daerah rawa yang telah direklamasi oleh pemerintah adalah 1.817.813 Ha dan yang telah direklamasi oleh masyarakat adalah 1.978.758 Ha. Sehingga total potensi rawa yang telah dikembangkan baik oleh Pemerintah maupun masyarakat adalah 3,796,571 Ha (≈3,8 juta Ha atau = 34.9% dari total potensi rawa).

Uraian tersebut ditunjukkan dalam Gambar 5-44.

Gambar 5-44. Luas potensi rawa dan yang sudah maupun yang belum direklamasi oleh Pemerintah maupun masyarakat
(Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Untuk grafik potensi daerah rawa tersebut pada masing-masing pulau besar di Indonesia (Pulau Jawa, Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan, Pulau Sulawesi, dan Pulau Papua) tersaji pada Gambar 5-45 di bawah ini.

Gambar 5-45. Luas lahan rawa di masing-masing pulau di Indonesia (1000 ha) (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Luas lahan rawa reklamasi, pasang surut dan non-pasang surut ditunjukkan dalam Gambar-Gambar 5-46, 5-47 dan 5-48.

Gambar 5-46. Luas lahan rawa reklamasi masing-masing pulau di Indonesia (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Gambar 5-47. Luas lahan rawa pasang surut masing-masing pulau di Indonesia (ribu ha) (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Gambar 5-48. Luas lahan rawa non-pasang surut masing-masing pulau di Indonesia (ribu ha) (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Untuk potensi daerah rawa untuk masing-masing pulau besar di Indonesia tersaji dalam pohon rawa dalam Gambar-Gambar 5-49 sampai 5-53.

Gambar 5-49. Pohon rawa di Pulau Jawa (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Gambar 5-50. Pohon rawa di Pulau Sumatera (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Gambar 5-51. Pohon rawa di Pulau Kalimantan
(Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Gambar 5-52. Pohon rawa di Pulau Sulawesi
(Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Gambar 5-53. Pohon rawa di Pulau Papua (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

Lahan rawa yang telah direklamasi pemerintah ini umumnya terkonsentrasi di Pulau Sumatera (Provinsi Riau, Provinsi Jambi, Provinsi Sumatera Selatan, dan Provinsi Lampung) serta Pulau Kalimantan (Provinsi Kalimantan Barat, Provinsi Kalimantan Tengah, dan Provinsi Kalimantan Selatan). Dari semua gambar pohon rawa di tiap-tiap pulau terlihat bahwa dari sekitar 3.796.571 Ha lahan rawa yang telah dibuka pemerintah dan masyarakat, kira-kira 2.440.789 Ha telah dimanfaatkan untuk berbagai penggunaan dan sisanya sebanyak 1.355.782 Ha belum termanfaatkan. Secara umum, pemanfaatan lahan untuk persawahan adalah paling dominan, yakni meliputi 1.181.694 Ha (67,51 %), disusul dengan penggunaan untuk perkebunan 498.918 Ha (15,09 %), tambak 441.332 Ha (9,26%), dan lainya 318.845 Ha (8,15 %). Berikut ini pada Gambar 5-54 terlihat grafik pemanfaatan lahan rawa reklamasi di Indonesia.

Gambar 5-54. Grafik pemanfaatan lahan rawa reklamasi (Direktorat Rawa dan Pantai, 2006)

5.5.3.1 Pengembangan Potensi Rawa Untuk Kebutuhan Beras

Berikut ini dihitung secara sederhana potensi rawa dan kebutuhan beras. Kebutuhan beras per orang per tahun dari berbagai sumber berkisar antar 130 sampai 140 kg per orang per tahun. Kalau menggunakan angka kebutuhan makan pokok per hari per orang, beras 370 gram dalam satu tahun maka kebutuhan beras per orang = 370 * 365 = 135050 gram atau = 135 kg.

Perhitungan sederhana tentang pemenuhan kebutuhan pokok beras untuk penduduk Indonesia ditunjukkan dalam Tabel 5-18.

Tabel 5-18. Perhitungan kebutuhan beras dan potensi rawa

Kebutuhan beras per orang per tahun	130	kg		
Total penduduk	237	juta		
Total kebutuhan beras	30,810	juta kg	30.8	juta ton
1 Ha rawa misal panen 1 kali setahun	2	ton per ha		
Menjadi beras	1.5	ton per ha		
Misal diasumsikan semua lahan rawa untuk ditanam padi, maka:				
Potensi Rawa	10.87	juta ha		
Tiap tahun untuk satu kali panen 2 ton/ha dihasilkan	16.31	juta ton beras =	53%	dari kebutuhan beras untuk seluruh penduduk Indonesia
Bila produksi dapat ditingkatkan menjadi 4 ton/ha/tahun	32.62	juta ton beras =	106%	dari kebutuhan beras untuk seluruh penduduk Indonesia

Dari perhitungan sederhana dalam Tabel 5-18, potensi rawa dengan asumsi (seandainya) semua dikembangkan untuk sawah dapat untuk memenuhi kebutuhan beras dan tidak perlu *import*. Belum lagi potensi lahan irigasi yang juga luas. Pada hakekatnya Indonesia telah menyediakan lahan subur baik dari rawa maupun irigasi minimal untuk memenuhi kebutuhan pokok beras. Bila perhitungan agak didetailkan

dengan potensi irigasi, sesungguhnya lahan yang tersedia di negeri ini tidak saja bisa untuk memenuhi kebutuhan pokok beras namun bahkan bisa meng-*export* beras.

Namun perlu juga diketahui pengelolaan rawa terpadu dan pengelolaan irigasi terpadu adalah kompleks, tidak sesederhana seperti perhitungan tersebut. Alih fungsi lahan, alih budi daya, para pemangku kepentingan (*stakeholders*) dan aspek-aspek lain menjadikan pengelolaan rawa dan irigasi menjadi kompleks (*complicated*).

Semua perlu diperhitungkan dan dipertimbangkan sehingga didapat harmoni dan integrasi dalam pengelolaan rawa maupun pengelolaan irigasi yang dikaitkan dengan berbagai hal.

5.5.3.2 Permasalahan Pengembangan Rawa di Indonesia

Kegiatan pengembangan rawa sendiri memiliki hambatan dalam pelaksanaannya. Ada beberapa aspek yang menghambat pengembangan lahan rawa antara lain aspek air (tata air, banjir, kekeringan, pH, salinitas, dll), aspek tanah (pirit, gambut, mudah tumbuh gulma, miskin unsur hara, dll), aspek sosial budaya ekonomi (permukiman, pemasaran, penggarap, sarana transportasi, keterbatasan modal, keterisolasian, dll), dan aspek lingkungan. Berikut adalah penjelasan dari berbagai aspek tersebut (Sjarief, 2006).

1. Aspek Air

   a. Tata Air
   Berbeda halnya dengan lahan usaha tani di daerah dataran tinggi dimana sistem tata airnya mudah diatur dengan menggunakan gaya gravitasi, pada daerah rawa tata airnya sangat bergantung dengan tinggi muka air pasang surut. Daerah rawa yang umumnya relatif datar hanya mampu diairi dengan mengandalkan perbedaan tinggi muka air saat pasang dan bisa mendrain saat surut. Sementara untuk daerah rawa lebak sangat tergantung dari kondisi alamnya.

   b. Banjir
   Permasalahan banjir ini terutama dijumpai di rawa lebak. Pada saat musim hujan kelebihan air tidak dapat didrainase karena topografi lahan rawa lebak umumnya adalah cekung yang elevasi lahannya berada di bawah elevasi muka air sungai sehingga sangat sulit untuk mendrain kelebihan air yang ada. Kenaikan muka air di sungai akan mengakibatkan bencana banjir pada daerah rendah dan datar di sekitarnya seperti halnya lahan rawa.

   c. Kekeringan
   Kekeringan dijumpai di daerah rawa lebak dan juga rawa pasang surut tipe C dan D. Semakin jauh dari sungai suatu unit rawa semakin besar kemungkinannya untuk mengalami kekeringan. Adanya aktifitas pembuatan saluran tanpa perencanaan yang tepat dan bersifat lokal dapat berakibat terjadinya overdrain terhadap penurunan muka air tanah yang tidak terkendali.

   d. pH
   Derajat keasaman pH air di lahan rawa umumnya sangat tinggi $< 4,5$. Dengan derajat keasaman yang tinggi sulit untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian terutama untuk budidaya pertanian terutama padi. Pada saat musim kemarau, penduduk di lahan rawa kesulitan air bersih, karena air dengan kondisi asam tidak layak untuk dikonsumsi.

e. Salinitas

Lahan rawa yang bertipe A biasanya dekat dengan laut, daerah ini sangat cocok untuk dikembangkan menjadi lahan budidaya padi, akan tetapi pada saat musim kemarau intrusi air laut akan mempengaruhi sumber air di unit ini. Pada saat musim kemarau tiba debit hulu sungai yang mendukung unit rawa ini menjadi kecil sehingga tidak mampu melawan dorongan pasang air laut dan intrusi akan terjadi.

2. Aspek Tanah

a. Pirit

Sebagian besar pirit ditemukan di daerah tropis pada daerah pesisir dan berhutan bakau. Dari 12,6 juta Ha tanah pirit dunia, 2,0 juta Ha berada di rawa indonesia yaitu di Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan, dan Pulau Papua. Pirit adalah tanah lempung di daerah rawa yang mengandung F_eS_2 serta komponen besi dan belerang lainnya. Kadang-kadang tanah jenis ini mencapai kedalaman lebih dari 10 m, berwarna keabu-abuan dan ditandai dengan kondisi drainase yang jelek. Pada umumnya berada pada kondisi yang belum matang dan setengah matang dan mempunyai daya dukung yang sangat kecil. Tanah ini mengandung bahan organik yang sangat kecil.

b. Gambut

Tanah gambut (*peat*) terbentuk akibat pelapukan bahan organik dan hal ini berkaitan erat dengan temperatur tanah, kondisi air yang tergenang serta berbagai asam di dalam tanah. Tanah gambut umumnya mempunyai kepadatan yang rendah dan daya dukung tanah yang kecil. Dari 32 juta Ha tanah gambut tropis 16 juta Ha diantaranya tersebar di daerah rawa Indonesia.

Gambut dibedakan ke dalam bahan organik fibrik, hemik dan saprit tergantung tingkat kematangan dan pelapukannya. Sistim kimia dan kesuburan tanah gambut ditentukan oleh:

- Ketebalan lapisan gambut dan tingkat kematangan keadaan tanah mineral di bawah lapisannya kualitas air sungai atau air pasang.
- Semakin tebal gambutnya semakin miskin unsur haranya dan semakin tipis lapisan penutup atasnya. Gambut yang terletak di atas endapan kwarsa lebih miskin unsur haranya dari gambut di atas tanah liat. Daya dukung tanah gambut dan tanah sampat rendah dan merupakan tanah problematik sehingga memerlukan rekayasa konstruksi prasarana bangunan air, transportasi jalan dan permukiman secara khas.

c. Gulma

Di lahan rawa gulma cepat tumbuh dan lebat. Jenis gulma yang berkembang dan dominasinya di suatu lokasi tergantung jenis tanah dan tipe lahan rawa di lokasi tersebut.

3. Aspek Sosial Budaya Ekonomi

a. Permukiman

Membuka lahan baru hutan untuk pertanian disertai dengan ketersediaan prasarana permukiman petani yang layak di lahan rawa dengan melakukan reklamasi untuk mendapatkan lahan kering, sehingga perubahan ruang air menjadi lahan permukiman secara tidak terkendali akan mengganggu keseimbangan alam yang ada.

b. Pemasaran

Sistem pemasaran dan pengadaan keperluan pertanian yang belum terorganisir dengan baik, berupa lemahnya sistem KUD serta kurangnya fasilitas pendukung pemasaran pasar, jalan, jembatan, tata permukiman, dll.

c. Penggarap
Kurangnya tenaga kerja yang terlibat pada usaha tani menyebabkan rendahnya intensitas tanam dan pemeliharaan sehingga mengakibatkan rendahnya produktivitas lahan.

d. Sarana transportasi
Sarana transportasi pada awal pengembangan lahan rawa dilakukan melalui saluran, sungai, dan jalan darat untuk mendukung kegiatan/aktifitas pertanian, permukiman, pemasaran, dan sosial budaya lainnya. Sarana transportasi tersebut hanya menjangkau jarak dan umur konstruksi dan belum membuka keterisolasian daerah.

e. Pengetahuan dan permodalan petani
Tingkat pendidikan dan permodalan petani yang terbatas menyebabkan alih teknologi pertanian rawa mengalami hambatan. Kondisi usaha tani yang dilakukan masih bersifat tradisional, baik pengelolaan, pemeliharaan maupun panen.

f. Hubungan antar transmigran/petani lahan rawa
Kurang harmonisnya hubungan antara transmigran pendatang dengan penduduk lokal sering menimbulkan kecurigaan antar sesama penduduk dalam satu unit rawa membawa dampak yang tidak baik pula dalam pengelolaan dan pemeliharaan unit rawa.

g. Waktu pembangunan yang lama
Pembangunan dan pengembangan lahan rawa yang memakan waktu yang cukup lama juga menimbulkan masalah sosial. Petani yang semula ditempatkan, pada 20 tahun kemudian merijadi tua, akan tetapi generasi penerus (keturunan mereka) cenderung tidak mau meneruskan usaha sebagai petani, karena pekerjaan sebagai petani belum mempunyai nilai ekonomis di mata generasi muda. Mereka cenderung memilih urbanisasi ke kota besar menjadi buruh pabrik. Sehingga di unit-unit menjadi kekurangan tenaga penggarap.

4. Aspek Lingkungan
Daerah rawa adalah daerah marginal sehingga perubahan yang terjadi dengan cepat akan menimbulkan masalah seperti hama, gulma dan penyakit manusia.

Berdasarkan pengalaman pada pengembangan rawa di Indonesia dan aspek-aspek penghambat pengembangan daerah rawa dapat diidentifikasi permasalahan-permasalahan pengembangan rawa di Indonesia yang terjadi sebagai berikut (Kodoatie dkk., 2006):

1. Permasalahan Air Tawar
   - Alam yang rusak mengakibatkan sumberdaya air makin berkurang, banjir makin tinggi, dan air asin makin naik di musim kemarau.
   - Kurangnya air tawar di lokasi pemukiman.
   - Kurang baik sistem pertanian tradisional dan pemberian air sehingga pemborosan penggunaan air.
2. Permasalahan O&P
   - Kurangnya pemeliharaan jaringan, sehingga kerusakan makin fatal, biaya rehabilitasi makin tinggi, dan drainase tidak lancar.
   - Himbauan dalam pelaksanaan O&P supaya mengajak P3A untuk melaksanakannya.

- Setiap jaringan reklamasi mempunyai karakter yang khas. O&P yang dilaksanakan belum dapat dikatakan memenuhi prinsip keberlanjutan karena (i) belum tentu sesuai dgn kondisi setempat, (ii) kapasitas SDM pengelola jaringan sangat terbatas, (iii) kurangnya keterlibatan petani P3A, (iv) kurangnya dukungan sektor lain, (v) penyelenggaraan dilakukan secara terpusat, dan (vi) pendanaan kurang efisien.

3. Permasalahan Jaringan Irigasi/Drainase (Infrastruktur Pengelolaaan Hidrolik)
   - Bangunan irigasi atau pintu drainase yang kurang memadai.
   - Jaringan yang sudah rusak karena kurang pemeliharaan.
   - Kurangnya biaya pembangunan sehingga menimbulkan tahapan pembangunan rawa, untuk itu disarankan pembangunannya per blok sistem dan lengkap sekaligus dan langsung air bisa dikendalikan/diatur.
   - Lahan pertanian yang tidak menggunakan tanggul pematang sawah, pematang ini sangat berguna untuk menampung sementara air hujan yang belum bisa dibuang karena air di luar masih tinggi.
4. Permasalahan dari Sisi Kebijakan
   - Lokasinya jauh dari pusat pertumbuhan.
   - Lahan marjinal – belum matang.
   - Jaringan reklamasi terbuka sehingga jaringan air belum bisa dilakukan.
   - Tanaman budidaya yang diijinkan hanya padi.
   - Tenaga kerja terbatas.
   - Dukungan untuk pengembangan sosio-ekonomi kurang.
5. Permasalahan dari Koordinasi
   - Contoh ideal dari pengelolaan rawa dengan koordinasi yang bagus adalah Program ISDP, mencakup 3 provinsi (Kalimantan Barat, Riau, dan Jambi) dengan luas cakupan yang sangat kecil dibanding rawa reklamasi yang ada dan pengelolaan rawa bukan hanya untuk rawa reklamasi saja.
   - Wadah koordinasi untuk pengelolaan rawa (rawa alami dan reklamasi) sampai dengan saat ini belum ada/belum seragam/belum effektif.
   - Tanpa koordinasi sulit terwujud kesamaan persepsi dan keterpaduan.
6. Permasalahan Berkaitan dengan Keseimbangan Konservasi & Pendayagunaan
   - Upaya pendayagunaan selalu mengakibatkan berkurangnya daya dukung lingkungan dan meningkatkan kadar daya rusak air.
   - Kurangnya keterpaduan mengakibatkan kepentingan lingkungan terabaikan.
   - Dalam draft RPP Rawa, sangat ditekankan upaya menjaga keseimbangan antara upaya konservasi dan pendayagunaan sehingga perlu keterpaduan dan partisipasi masyarakat dalam menjaga keseimbangan.

Berdasarkan pengalaman pada pengembangan rawa di Indonesia dapat diidentifikasi permasalahan-permasalahan utama yang terjadi sebagai berikut (Supriyanto, 2004):

1. Kebutuhan untuk konservasi rawa.
2. Kebutuhan untuk prioritas pembangunan.
3. Kapasitas kelembagaan yang belum memadai.
4. Pengelolaan air dan infrastruktur hidraulik terkait belum memadai.
5. Operasi dan pemeliharaan sistem tata air yang belum memadai.

5.5.3.3 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan untuk Rawa di Indonesia

Pengembangan daerah rawa secara teknis yang telah dilakukan di Indonesia selama ini telah memberikan banyak pelajaran berharga untuk peningkatan kualitas pengembangan di masa depan. Dengan melihat pengembangan rawa yang sukses dan tidak begitu sukses, ada beberapa faktor yang harus diperhitungkan, diantaranya adalah (Kodoatie dkk., 2006):

- Faktor kondisi kesesuaian lahan: lahan rawa yang sifat fisik dan kimiawinya sesuai untuk pertanian lebih memberikan harapan untuk sukses daripada yang berkendala.
- Faktor masyarakat petani: semakin tinggi daya survival petani yang menggarapnya, semakin tinggi kemungkinan sukses.
- Faktor sosial ekonomi pertanian: semakin baik dukungan sosial ekonomi lingkungan dalam satu kesatuan yang utuh terhadap daerah pengembangan, semakin tinggi pula kemungkinan berhasilnya. Secara otomatis pasar menjadi hidup, berkembang, dan menyediakan input usaha tani secara ekonomis. Sekaligus dia juga mendukung pengembangan wilayah sekitarnya.
- Faktor dukungan politis: dimana dukungan ini di lapangan diterjemahkan menjadi peningkatan peforma daerah pengembangan melalui O&P, koordinasi antar sektor, peningkatan prasarana transportasi dan pasar, penyediaan input usaha tani termasuk kredit dan lain sebagainya. Peningkatan performa pengembangan rawa tidak bisa dilakukan secara parsial-sektoral, melainkan harus melibatkan keterpaduan berbagai sektor dengan komitmen yang kuat secara konsisten.

Beberapa hal penting yang harus diperhatikan dan menjadi catatan penting bagi pengembangan rawa di Indonesia (LWMTL, 2005) adalah sebagai berikut:

- Rawa di Indonesia berpotensi menjadi lumbung padi Indonesia.
- Prioritas pertama: penggunaan yang lebih baik infrastruktur yang sudah dikembangkan dengan cara operasi dan pemeliharaan yang lebih baik di tingkat lahan dan sistem utama.
- Mendukung para petani dalam memperbaiki pola cara pertanian, diversifikasi tanaman dan kegiatan pasca panen.
- Melindungi lahan yang bernilai secara ekologi.
- Tidak membuka lahan dimana penurunan muka tanah dapat menyebabkan masalah dalam jangka pendek.
- Anak-anak pemukim yang saat ini menjadi petani. Mereka bosan di lahan.
- Dengan perbaikan sistem tata air dan pelibatan para petani secara menyeluruh, panenan di lahan percontohan program LWMTL meningkat secara nyata.
- Perbaikan dalam pengelolaan air ini sudah diimplementasikan dan digabung dengan perbaikan pola pertanian, pasca panen dan fasilitas pemasaran.
- Upaya-upaya ini memberikan kesempatan kepada para petani untuk memperbaiki tingkat kehidupan dan juga memberikan kontribusi secara nyata dalam produksi bahan pangan, terutama beras di Indonesia.
- Sangat diharapkan bahwasanya pengalaman ini dapat disebarluaskan dalam jangka pendek di masa depan.
- Butuh waktu sesudah reklamasi sebelum lahan benar2 mendatangkan kemakmuran (petani pertama mati, yang ke dua hanya dapat bertahan hidup, yang ke tiga mendapatkan kehidupan yang baik).
- Fleksibel dalam mengakomodir perubahan di masa mendatang dalam masyarakat dan pemanfaatan lahan.
- Putuskan secara hati-hati konsep pengembangan.

5.5.4 Konsep Pengelolaan Rawa Terpadu

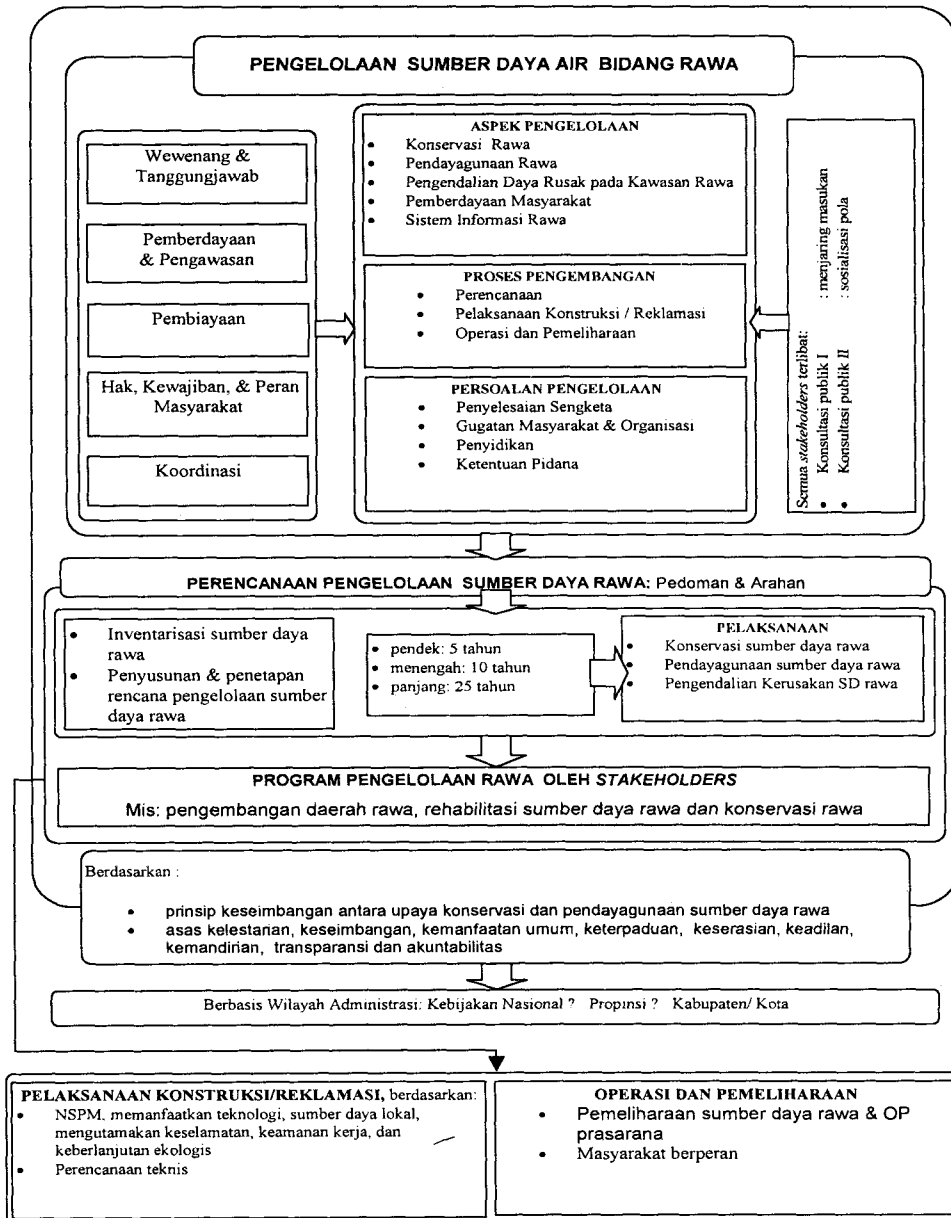
Konsep pengelolaan daerah rawa terpadu merupakan pola kebijakan pengembangan rawa ke depan. Keterpaduan dalam pengelolaan dan pengembangan daerah rawa ini meliputi:

1) Keterpaduan dalam pengelolaan rawa antar sektor terkait,
2) Integrasi rencana pengelolaan dan pengembangan rawa sebagai sumber air dalam perencanaan pengelolaan wilayah sungai, dan
3) Keterpaduan dukungan program sektor-sektor terkait sebagai basis untuk pengembangan kawasan lahan reklamasi rawa secara berkelanjutan.

Pengelolaan rawa yang diselenggarakan atas dasar Pola PSDA wilayah sungai diperoleh melalui urutan sebagai berikut (RPP Rawa):

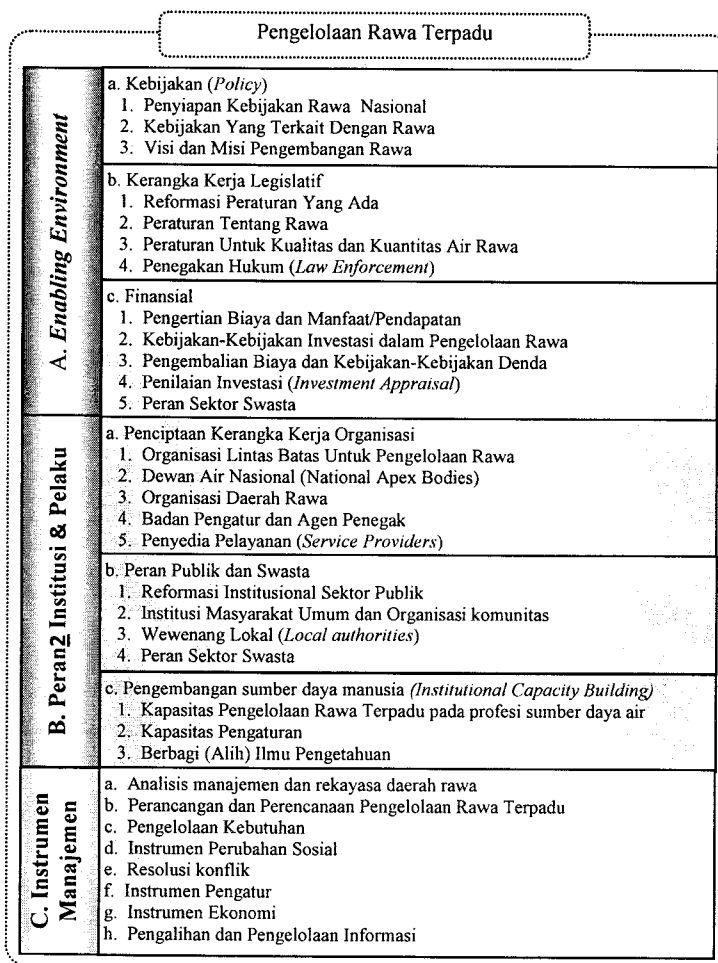
1. Penyusunan Pola pengelolaan SDA wilayah sungai (WS).
2. Penyusunan rencana pengelolaan SDA WS yang merupakan rencana induk konservasi SDA, pendayagunaan SDA, dan pengendalian daya rusak air pada WS dimana pengelolaan rawa termasuk di dalamnya.
3. Penyusunan program sektoral termasuk rawa.
4. Penyusunan rencana kegiatan pengelolaan rawa.
5. Pelaksanaan pengelolaan rawa.

Rencana pengelolaan rawa disusun berdasarkan jangka waktu tertentu yaitu jangka panjang (20 tahun), jangka menengah (5 tahun), dan jangka pendek (1 tahun).

Berdasar atas UU No 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya air, pengelolaan rawa terpadu dijelaskan dalam bagan dalam Gambar 5-55 berikut ini.

Gambar 5-55. Konsep Pengelolaan Rawa berdasarkan UU No. 7 Tentang Sumber Daya Air (Kodoatie dan Syarief dengan modifikasi, 2004; Kodoatie dkk., 2006)

5.5.5 Kerangka Konsepsional Pengelolaan Rawa

Global Water Partnership (GWP, 2001), menawarkan suatu konsep keterpaduan yang menarik untuk Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu dimana rawa termasuk di dalamnya. Menurut GWP (2001), elemen-elemen penting dalam Pengelolaan Rawa dapat dikelompokkan dalam 3 elemen utama yaitu: 1) *Enabling Environment*; 2) *Institutional Rules*; 3) *Management Instruments*.

Detail dari komponen konseptual pengelolaan sumberdaya air termasuk rawa yang diusulkan oleh GWP (2001) dapat dilihat dalam Gambar 5-56.

Gambar 5-56. Komponen-Komponen Konseptual Pengelolaan Rawa

5.6 Hutan

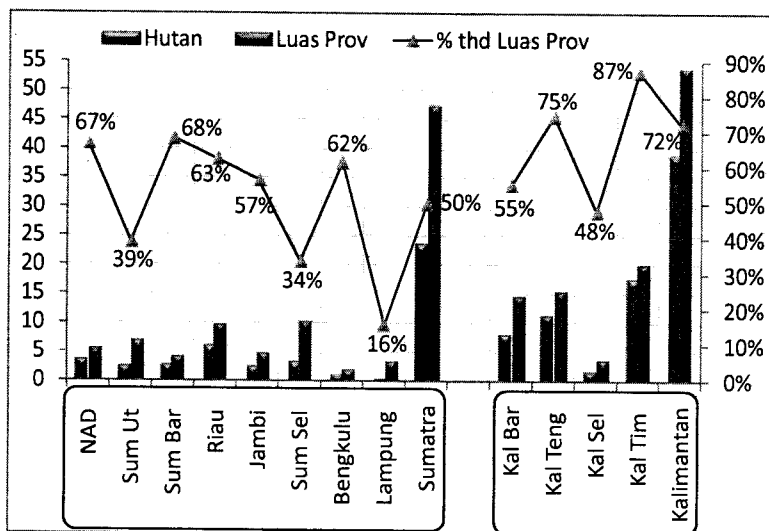
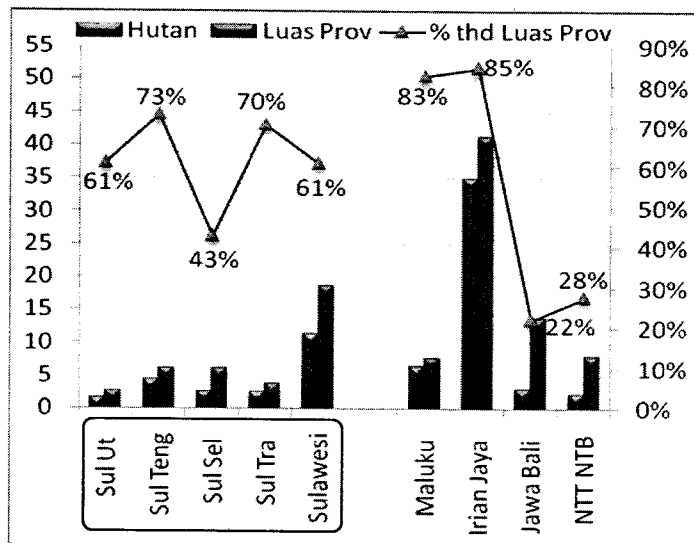
5.6.1 Luas Hutan di Indonesia

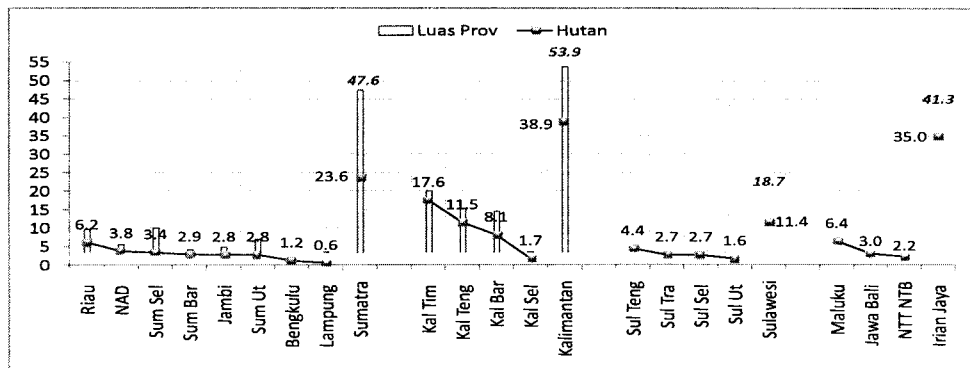
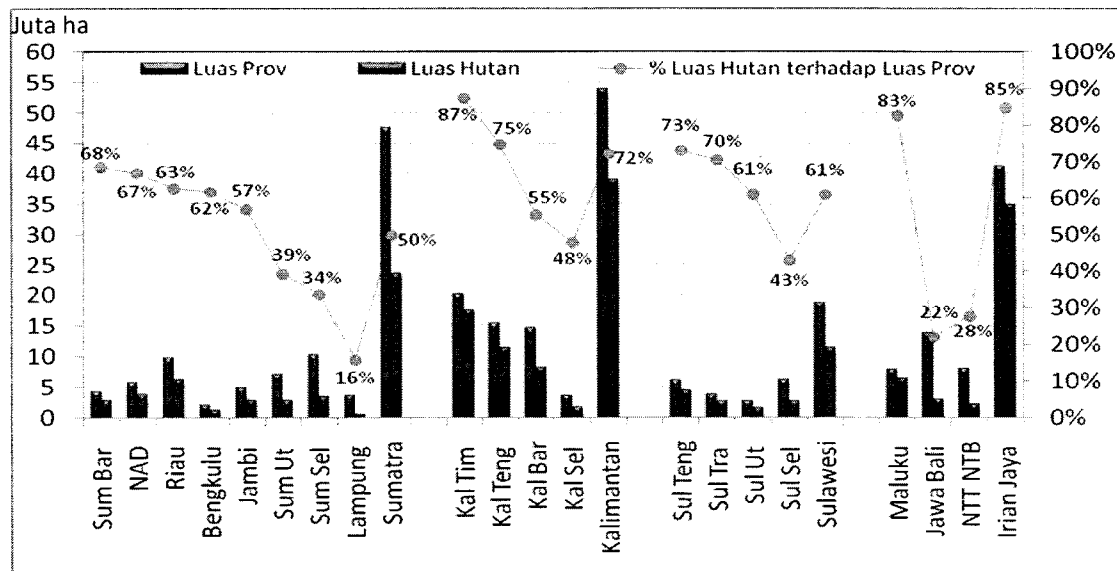
Hutan di Indonesia adalah sangat luas yaitu mencapai hampir 66% luas daratan Indonesia (data Tahun 1991). Dengan demikian kegiatan pengurusan hutan mempunyai pengaruh dan dampak yang besar terhadap pengelolaan sumber daya air. Luas hutan di beberapa provinsi ditunjukkan dalam Tabel 5-19, Gambar-Gambar 5-57, 5-58 dan 5-59.

Tabel 5-19. Luas hutan di beberapa provinsi

No	RePPProT (1985)				Dephut (1991)				Dephutbun (1997)			
	Provinsi	Total	Hutan		Total	Hutan		Lain2	Total	Hutan		Lain2
1	NAD	5.7	3.9	68%	5.7	3.8	67%	0.0	5.7	3.6	64%	0.0
2	Sum Ut	7.3	2.8	39%	7.1	2.8	39%	0.0	7.1	1.9	27%	0.1
3	Sum Bar	4.2	2.6	62%	4.2	2.9	68%	0.0	4.2	1.9	47%	0.6
4	Riau	9.9	5.9	60%	9.8	6.2	63%	0.0	9.7	5.1	53%	0.0
5	Jambi	4.9	2.8	57%	4.9	2.8	57%	0.0	4.9	1.6	33%	0.2
6	Sum Sel	10.2	3.6	35%	10.2	3.4	34%	0.0	10.1	1.2	12%	0.9
7	Bengkulu	2.1	1.1	54%	2.0	1.2	62%	0.0	2.1	0.9	43%	0.0
8	Lampung	3.4	0.6	19%	3.6	0.6	16%	0.0	3.4	0.4	11%	0.2
	Jumlah	47.5	23.3	49%	47.6	23.6	50%	0.0	47.1	16.6	35%	2.1
9	Kal Bar	14.8	8.7	59%	14.7	8.1	55%	0.0	14.5	6.7	46%	0.2
10	Kal Teng	15.4	11.6	76%	15.4	11.5	75%	0.0	15.2	8.5	56%	1.9
11	Kal Sel	3.7	1.8	48%	3.7	1.7	48%	0.0	3.7	1.0	27%	0.3
12	Kal Tim	19.7	17.9	91%	20.2	17.6	87%	0.0	19.5	13.4	69%	0.7
	Jumlah	53.6	40.0	75%	53.9	38.9	72%	0.0	53.0	29.6	56%	3.1
13	Sul Ut	2.7	1.6	59%	2.7	1.6	61%	0.0	2.6	1.1	42%	0.6
14	Sul Teng	6.0	4.4	72%	6.1	4.4	73%	0.0	6.0	2.9	48%	1.2
15	Sul Sel	6.2	2.9	46%	6.2	2.7	43%	0.0	6.1	2.1	34%	0.5
16	Sul Tra	3.7	2.5	67%	3.8	2.7	70%	0.0	3.7	2.0	54%	0.3
	Jumlah	18.6	11.3	61%	18.7	11.4	61%	0.0	18.5	8.1	44%	2.7
17	Maluku	7.8	6.3	81%	7.8	6.4	83%					
18	Irian Jaya	41.5	35.0	84%	41.3	35.0	85%	0.0	40.8	33.5	82%	
19	Jawa Bali	13.8	1.3	10%	13.8	3.0	22%	0.0				
20	NTT NTB	8.1	2.5	31%	8.0	2.2	28%	0.0				
	Jumlah	71.2	45.1	63%	70.8	46.6	66%					
	Indonesia	190.9	119.7	63%	191.0	120.6		0.0				

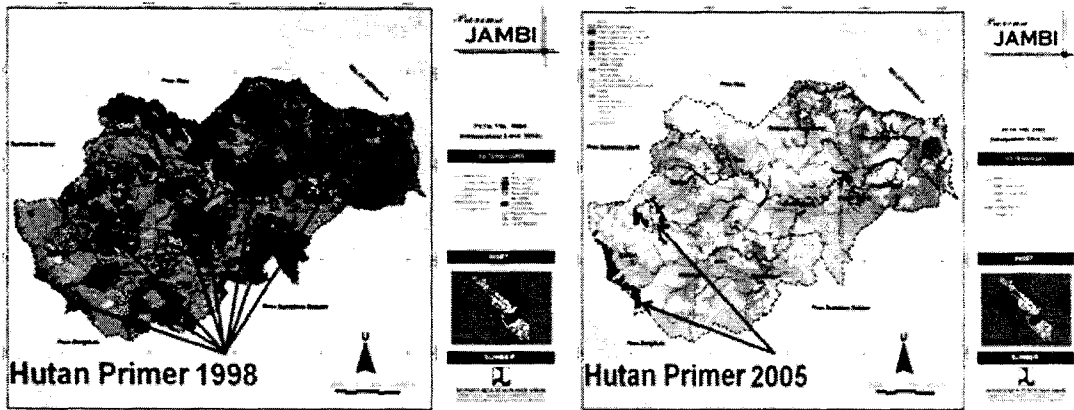
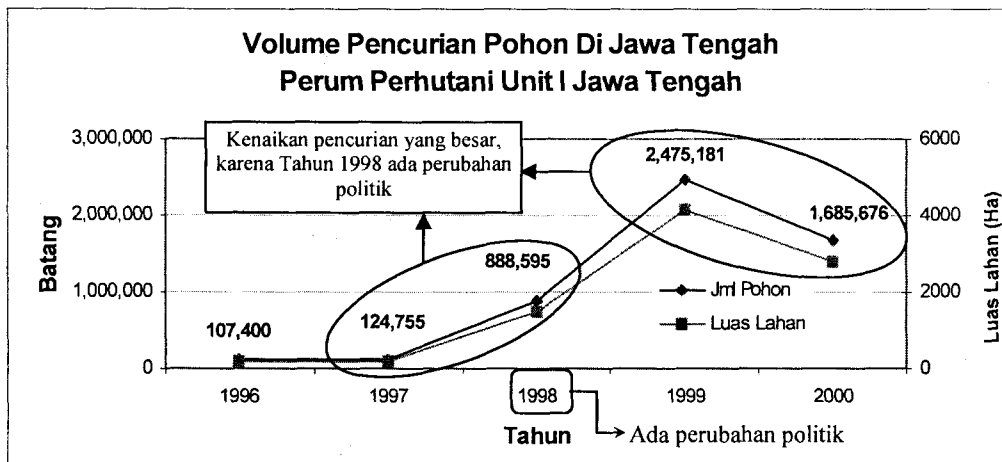
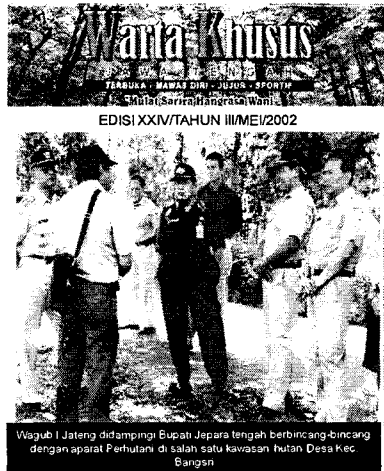
Keterangan:
- Lain-Lain: Berawan atau tidak ada data
- Luas dalam juta Ha

Sumber:http://www.dephut.go.id/Halaman/Peta%20Tematik/PL&Veg/VEG98/LOSTFORE.PDF

a. Pulau Sumatra dan Pulau Kalimantan

b. Pulau Sulawesi dan pulau-pulau lainnya

Gambar 5-57. Data Tahun 1991: Luas hutan dan provinsi (dalam juta ha) dan prosentase luas hutan terhadap luas provinsi (Dep. Hut, 1991)

Gambar 5-58 Data Tahun 1991: Luas hutan dari yang terbesar dan luas provinsi (juta ha)

Gambar 5-59. Data Tahun 1991: Persentase (%) perbandingan antara luas hutan dan luas provinsi

Dari Tabel 5-19, Gambar-Gambar 5-57, 5-58 dan 5-59, maka dapat dilihat bahwa data Tahun 1991 menunjukkan perbandingan luas hutan dengan luas provinsi berkisar antara 16% (Lampung) sampai 87 % (Kaltim). Di Jawa dan Bali perbandingannya adalah 22%. Saat ini (2009), data tersebut telah berubah.

5.6.2 Penggundulan Hutan

Dari Tahun 1991, periode reformasi sampai saat ini telah terjadi penggundulan yang luar biasa. Beberapa contoh penggundulan hutan ditunjukkan dalam Gambar-Gambar 5-60 s/d 5-62 berikut ini.

Gambar 5-60. Perbandingan luas hutan di Jambi (Landsat 1998 & 2005)

Gambar 5-61. Pencurian pohon di Jawa Tengan yang meningkat tajam sejak 1998 dan menurun Tahun 2000 setelah pohonnya berkurang atau habis (Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah, 2001)

Berita dari Majalah tentang Kehutanan:

Penjarahan Kayu Jati Menurun! Karena Kayu Jatinya Sudah Habis.

Gambar 5-62. Berita Majalah Warta Khusus tentang Kehutanan Tahun 2002

Dua contoh lokasi terjadi penggundulan hutan (pencurian kayu) di Jambi (P.Sumatra) dan Jawa Tengah (P. Jawa) tersebut menunjukkan bahwa akibat adanya perubahan politik Tahun 1998 yang disebut perubahan ke era reformasi ternyata menimbulkan dampak yang luar biasa terhadap kondisi hutan (alam). Saat itu orang bebas berekspresi, bebas melakukan apa saja termasuk penjarahan hutan yang luar biasa.

Dampak nyata dari pencurian kayu (penggundulan hutan) di Jawa Tengah terutama terjadi di Perum Perhutani Unit 1 Jateng. Seperti telah diuraikan dalam Sub-Bab 2.2.1, Gambar 2-2 dan Tabel 2-1. Dari data bencana banjir Tahun 2000 dan data Tahun 2003, bencana banjir Kudus naik dari rangking 2 ke rangking 1.

Dari uraian tersebut perlu dilakukan kajian data kehutanan yang sesungguhnya saat ini (*existing*), dibandingkan dengan data Tahun1991. Data Tahun 1991 dan data saat ini penting untuk penataan ruang dan pengelolaan sumber daya air.

5.6.3 Manfaat Hutan

Hutan memiliki manfaat yang nyata bagi kehidupan dan penghidupan, baik manfaat ekologi, sosial budaya maupun ekonomi, secara seimbang dan dinamis. Dalam kedudukannya sebagai salah satu penentu sistem penyangga kehidupan, hutan telah memberikan manfaat yang besar bagi umat manusia, oleh karena itu harus dijaga kelestariannya. Hutan mempunyai peranan sebagai penyerasi dan penyeimbang lingkungan global, sehingga keterkaitannya dengan dunia internasional menjadi sangat penting, dengan tetap mengutamakan kepentingan nasional (UU No 41 Tahun 1999).

Penutupan hutan/*forest cover* (Lee, 1980) terhadap fenomena iklim dan air:

- Dihargai oleh orang kuno dan kini juga orang awam.
- Hutan memberi naungan.
- Hutan memperlunak ekstrim2 suhu.
- Hutan mengurangi serbuan angin, debu dan suara.
- Hutan mengintersepsi fraksi hujan (dan salju).

- Hutan menghambat salju meleleh.
- Hutan mengurangi limpasan permukaan.
- Hutan mengurangi erosi tanah.
- Hutan mengurangi pengeringan permukaan.
- Hutan meningkatkan kelembaban nisbi.
- Lingkungan Hutan sering dikaraterisasikan “Menyenangkan, Damai, Indah Dan Sehat”.

Pada abad pertengahan dan Abad Renaissance pendirian hutan lindung dimaksudkan untuk (Lee, 1980):

- Mengendalikan tanah longsor.
- Mengendalikan aliran air gunung yang deras.
- Mengendalikan pasir yang berpindah.
- Mengendalikan erosi.
- Mengendalikan pelumpuran.

Penebangan Hutan oleh kolonis-kolonis Amerika telah mengakibatkan (Kittredge, 1948 dalam Noah Webster, 1799):

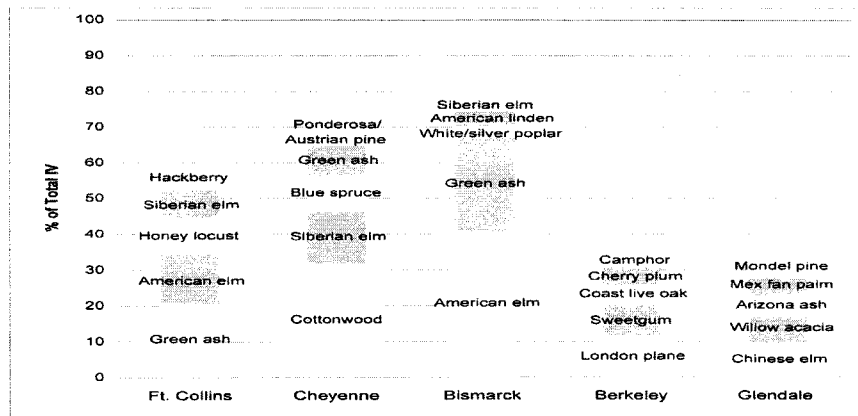
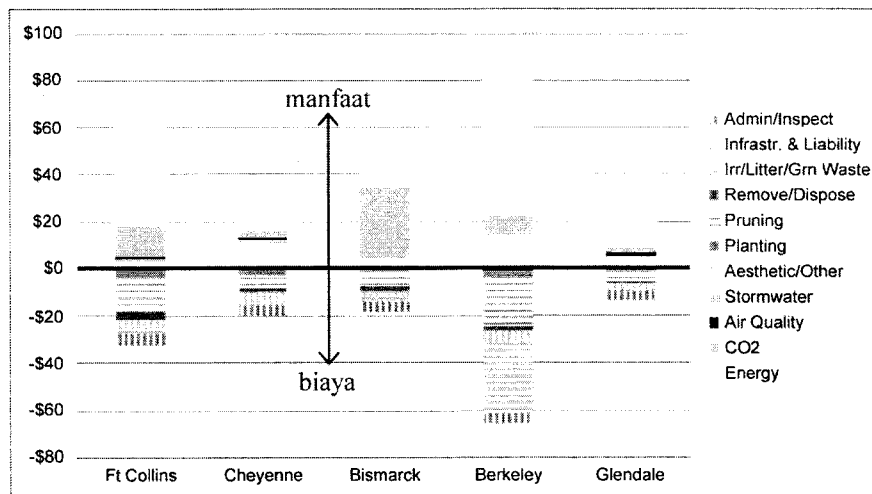
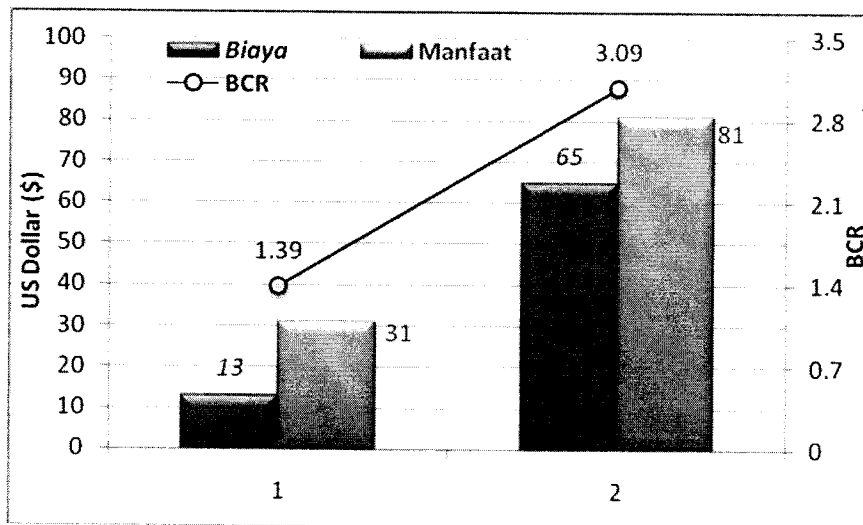
- Angin dan cuaca musim dingin lebih beragam.
- Musim gugur menggeser musim dingin.
- Musim semi menggeser musim panas.
- Salju kurang permanen.

Akhir Abad XIX dinyatakan bahwa aliran sungai diatur oleh penutupan lahan di mana pernyataan tersebut mempunyai banyak pendukung dan banyak penentang.

Pada Tahun 1927, Zon menyatakan bahwa pengaruh hutan terhadap pasokan air ke dalam sungai-sungai dan keteraturan alirannya adalah yang terpenting dalam ekonomi manusia.

McPherson dkk. (2005) melakukan studi perbandingan manfaat (*benefit*) dan biaya (*cost*) hutan kota di lima kotadi Amerika Serikat yaitu: 1) Fort Collins; 2) Cheyenne; 3) Bismarck; 4) Berkeley; 5) Glendale. Ada 5 Parameter yang dipakai untuk analisis tersebut, melipui:

- Penghematan energi: perubahan-perubahan dalam pemakaian energi bangunan karena bayangan pohon.
- Reduksi CO_2 di Atmosfir.
- Manfaat-manfaat kualitas udara.
- Reduksi aliran permukaan dari air hujan.
- Astestik dan manfaat-manfaat lain:
    - Keindahan.
    - Privasi.
    - Habitat kehidupan binatang.
    - Kenyamanan suatu tempat.
    - Kesehatan/kesejahteraan.

Hasil dari studi ini ditunjukkan dalam variabel Nilai-Nilai Penting Relatif (*Relative Important Value*/IV) untuk 5 spesies pohon (Gambar 5-63). Sedangkan manfaat dan biaya tahunan rata-rata pertahun per pohon dalam tiap kota dan BCR ditunjukkan dalam Gambar 5-64.

Gambar 5-63. Nilai-nilai penting setiap pohon di 5 kota (McPherson dkk. (2005)

a. Manfaat dan biaya tahunan rata-rata pertahun per pohon dalam tiap kota

b. Total biaya, manfaat dan BCR

Gambar 5-64. Manfaat dan biaya tahunan rata-rata dan BCR

Kesimpulan dari studi ini adalah sebagai berikut:

- Walaupun tak selamanya benar, hutan kota merupakan sumber daya dinamis dan aset penduduk yang berharga.
- Pengukuran pelayanan ekologis yang dihasilkan dari pohon-pohon di kota menunjukkan secara mendasar akan adanya hubungan target dari upaya-upaya manajemen dengan peningkatan manfaat dan pengendalian biaya.
- Biaya/Cost: $13–65 per tahun per pohon (lihat Gambar 5.64).
- Manfaat/Benefit: $ 31–81 per tahun per pohon (lihat Gambar 5.64).
- Untuk tiap dolar investasi dalam manajemen didapat BCR yang cukup tinggi yaitu antara 1,39–3,09 (lihat Gambar 5.64b).
- Hasil dari studi di lima kota ini tidak dapat digeneralisasi di kota2 lain karena variasi dan dinamika antara kota2 adalah tinggi. Namun dapat merupakan contoh untuk melakukan rencana kegiatan yang sama untuk kota2 yang lain.

Evolusi dan prospek penilaian hutan secara global adalah (Holmgren and Persson, 2002):

- Penilaian-penilaian hutan global bergerak menuju sasaran manfaat yang dengan jangkauan yang banyak dari hutan dan sumber daya pohon.
- Suatu penilaian hutan global harus mengarah pada semua manfaat dari hutan mulai dari diversifikasi biologis sampai pohon pulp dan tak hanya sumber daya pohon dan hutan secara biofisik namun juga manajemen sumber daya dari pemanfaatan sumber daya tersebut.

Untuk evolusi dan prospek penilaian hutan, Holmgren and Persson (2002) menyimpulkan:

- Penilaian hutan global secara kontinyu terus berkembang.
- Dalam kaitan dengan platform generik yang mengarah pada semua manfaat dari sumber daya hutan dan pohon untuk semua penerima manfaat, penilaian hutan global dapat memelihara status yang

netral, tak tergantung dari agenda-agenda spesifik proses-proses internasional dan macam-macam organisasi.

- Penilaian global akan terus menarik upaya-upaya nasional dengan mengembangkan informasi yang relevan pada tingkat internasional.
- Peningkatan penilaian hutan global membutuhkan kerja sama yang bagus antar pemerintahan dan profesional semua negara.
- Proses-proses politik untuk menetapkan kriteria dan indikator-indikator untuk memonitor kemajuan menuju pengelolaan hutan berkelanjutan merepresenta-sikan suatu kesempatan untuk penilaian hutan global.
- Peran2 indikator mempunyai suara yang sama. Di satu sisi ada yang merepresentasikan upaya untuk memakai data yang ada atau yang dapat diakses untuk monitoring kriteria. Di sisi lain ada yang dibuat terlalu sederhana & tidak dapat diaplikasikan untuk skala2 berbeda. Proses penilaian sumber daya hutan harus berpartisipasi dalam pengembangan, pembaruan dan aplikasi dari indikator2.
- Banyak proses internasional berhubungan dengan suatu bagian manfaat dari hutan, misalnya perubahan iklim atau diversifikasi biologis. Maka dari itu adalah penting untuk menemukan sinergi dalam penggunaan yang baik dari sumber daya keuangan dan hal-hal kompetensi yang terkait.

Salah satu contoh dari kriteria untuk kehutanan berkelanjutan adalah yang didefinisikan oleh *the Ministerial Conference for the Protection of Forests in Europe* yang terdiri atas enam kriteria, yaitu:

1. Pemeliharaan dan pengkayaan sumber daya hutan yang tepat dan kontribusinya terhadap siklus Karbon secara global.
2. Pemeliharaan vitalitas dan kesehatan ekosistem hutan.
3. Pemeliharaan dan pemacuan fungsi-fungsi produtif hutan baik produksi kayu maupun non-kayu.
4. Pemeliharaan, konservasi dan pengkayaan yang tepat dari diversifikasi biologis dalam ekosistem hutan.
5. Pemeliharaan dan pengkayaan fungsi-fungsi perlindungan dalam manajemen hutan terutama terkait dengan tanah dan air.
6. Pemeliharaan fungsi-fungsi dan kondisi-kondisi sosial-ekonomi yang lain.

5.6.4 Landasan Hukum

Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan merupakan pengganti dari Undang-undang Nomor 5 Tahun 1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Kehutanan (Lembaran Negara Tahun 1967 Nomor 8), yang terdiri atas 17 Bab dengan 84 Pasal. Secara garis besar UU ini ditunjukan pada tabel berikut.

Bab-Bab dalam UU No 41 Tahun 1999 ditunjukkan dalam Tabel 5-20.

Tabel 5-20. Garis besar UU No. 41 Tahun 1999

Bab	Uraian Bab (UU No 41 1999)	Bab	Bab
I	Ketentuan Umum	X	Peran Serta Masyarakat
II	Status dan Fungsi Hutan	XI	Gugatan Perwakilan
III	Pengurusan Hutan	XII	Penyelesaian Sengketa Kehutanan
IV	Perencanaan Kehutanan	XIII	Penyidikan
V	Pengelolaan Hutan	XIV	Ketentuan Pidana
VI	Litbang, DikLat &Penyuluhan Kehutanan	XV	Ganti Rugi & Sanksi Adminstratif
VII	Pengawasan	XVI	Ketentuan Peralihan
VIII	Penyerahan Kewenangan	XVII	Ketentuan Penutup
IX	Masyarakat Hukum Adat		Penjelasan

Bab	Uraian Bab & Bagian	Paragraf	Pasal	Penjelasan
I	Ketentuan Umum	Definisi	1	-
		Asas & Tujuan	2,3	ada
		Penguasaan Hutan	4	ada
II	Status & Fungsi Hutan		5-9	ada
III	Pengurusan Hutan		10	-
IV	Perencanaan Kehutanan	Umum	11,12	ada
		Inventarisasi Hutan	13	ada
		Pengukuhan Kawasan Hutan	14,15	ada
		Penatagunaan Kawasan Hutan	16	ada
		Pembentukan Wilayah Pengelolaan Hutan	17-19	ada
		Penyusunan Rencana Kehutanan	20	ada
V	Pengelolaan Hutan	Umum	21	ada
		Tata Htn & Penyusunan Renc. Pengelolaan	22	ada
		Pemanfaatan Htn & Penggunaan Kaw Hutan	23-39	ada
		Rehabilitasi & Reklamasi Hutan	40-45	ada
		Perlindungan Hutan & Konservasi Hutan	46-51	ada
VI	LitBang, DikLat & serta Penyuluhan Kehutanan	Umum	52	ada
		Penelitian & Pengembangan Kehutanan	53,54	ada
		Pendidikan & Latihan Kehutanan	55	ada
		Penyuluhan Kehutanan	56	ada
		Pendanaan & Prasarana	57,58	ada
VII	Pengawasan		59-65	ada
VIII	Penyerahan Kewenangan		66	ada
IX	Masyarakat Hukum Adat		67	ada
X	Peran Serta Masyar		68-70	ada
XI	Gugatan Perwakilan		71-73	-
XII	Penyelesaian Sengketa Kehutanan		74-76	ada
XIII	Penyidikan		77	ada
XIV	Ketentuan Pidana		78,79	ada
XV	Ganti Rugi & Sanksi Adminstratif		80	ada
XVI	Ketentuan Peralihan		81,82	-
XVII	Ketentuan Penutup		83,84	-
	Penjelasan	I Umum II Pasal-Pasal		

5.6.5 Substansi Kehutanan

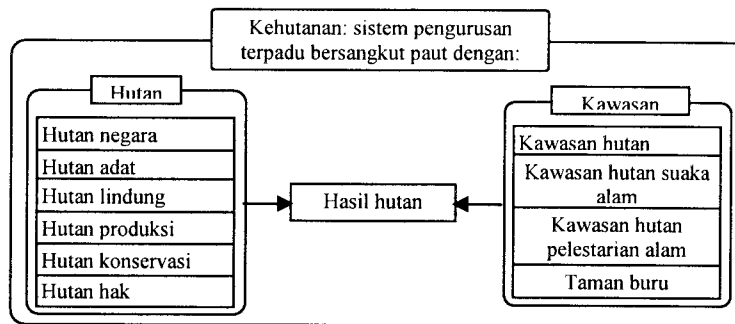
5.6.5.1 Umum

- Hutan sebagai karunia dan amanah Tuhan Yang Maha Esa merupakan kekayaan alam yang tak ternilai harganya yang wajib disyukuri.
- Hutan sebagai modal pembangunan nasional memiliki manfaat yang nyata bagi kehidupan dan penghidupan bangsa Indonesia, baik manfaat ekologi, sosial budaya maupun ekonomi, secara seimbang dan dinamis.
- Hutan harus diurus dan dikelola, dilindungi dan dimanfaatkan secara berkesinambungan bagi kesejahteraan masyarakat Indonesia, baik generasi sekarang maupun yang akan datang.
- Hutan sebagai salah satu penentu sistem penyangga kehidupan, mempunyai peranan sebagai penyerasi dan penyeimbang lingkungan global, sehingga keterkaitannya dengan dunia internasional menjadi sangat penting, dengan tetap mengutamakan kepentingan nasional.
- Sejalan dengan Pasal 33 UUD 1945, penyelenggaraan kehutanan harus dilakukan dengan asas manfaat dan lestari, kerakyatan, keadilan, kebersamaan, keterbukaan dan keterpaduan dengan dilandasi akhlak mulia dan bertanggung-gugat.
- Penguasaan hutan oleh Negara bukan merupakan pemilikan, tapi Negara memberi wewenang kepada pemerintah untuk mengatur dan mengurus segala sesuatu berkaitan dengan hutan, kawasan hutan dan hasil hutan. Selanjutnya pemerintah mempunyai wewenang untuk memberikan izin dan hak kepada pihak lain untuk melakukan kegiatan di bidang kehutanan dengan memperhatikan aspirasi rakyat
- Untuk menjaga terpenuhinya keseimbangan manfaat2 lingkungan, sos-bud-eko, pemerintah menetapkan dan mempertahankan kecukupan luas kawasan hutan dalam DAS dan atau pulau dengan sebaran yang proporsional.
- SD hutan mempunyai peran penting dalam penyediaan bahan baku industri, sumber pendapatan, menciptakan lapangan dan kesempatan kerja. Hasil hutan merupakan komoditi yang dapat diubah menjadi hasil olahan dalam upaya mendapat nilai tambah serta membuka peluang kesempatan kerja dan kesempatan berusaha. Upaya pengolahan hasil hutan tersebut tidak boleh mengakibatkan rusaknya hutan sebagai sumber bahan baku industri. Agar selalu terjaga keseimbangan antara kemampuan penyediaan bahan baku dengan industri pengolahannya, maka pengaturan, pembinaan & pengembang-an industri pengolahan hulu hasil hutan diatur oleh menteri yang membidangi kehutanan. Pemanfaatan hutan tidak terbatas hanya produksi kayu dan hasil hutan bukan kayu, tetapi harus diperluas dengan pemanfaatan lainnya seperti plasma nutfah dan jasa lingkungan, sehingga manfaat hutan lebih optimal.
- Dilihat dari sisi fungsi produksinya, keberpihakan ke rakyat banyak merupa-kan kunci keberhasilan pengelolaan hutan. Oleh karena itu praktek2 pengelo-laan hutan yang hanya berorientasi pada kayu dan kurang memperhatikan hak & melibatkan masyarakat, perlu diubah menjadi pengelolaan berorientasi pada seluruh potensi SD kehutanan dan berbasis pada pemberdayaan masyarakat.
- Sejalan dengan peraturan per-uu-an yang berlaku tentang pemerintahan daerah, maka pelaksanaan sebagian pengurusan hutan yang bersifat operasional diserahkan kepada pemerintah daerah tingkat provinsi dan tingkat kabupaten/kota, sedangkan pengurusan hutan yang bersifat nasional atau makro, wewenang pengaturannya dilaksanakan oleh pemerintah pusat.
- Dalam rangka memperoleh manfaat yang optimal dari hutan dan kawasan hutan bagi kesejahteraan masyarakat, maka pada prinsipnya semua hutan dan kawasan hutan dapat dimanfaatkan dengan tetap

memperhatikan sifat, karakteristik,kerentanannya dan tidak dibenarkan mengubah fungsi pokoknya. Pemanfaatan hutan dan kawasan hutan harus disesuaikan dengan fungsi pokoknya yaitu fungsi konservasi, lindung dan produksi. Untuk menjaga keberlangsungan fungsi pokok hutan dan kondisi hutan, dilakukan juga upaya rehabilitasi, reklamasi hutan & lahan, yang bertujuan selain mengembalikan kualitas hutan juga meningkatkan pemberdayaan dan kesejahteraan masyara-kat, sehingga peranserta masyarakat merupakan inti keberhasilannya. Kesesu-aian ketiga fungsi tersebut sangat dinamis dan yang paling penting adalah agar dalam pemanfaatannya harus tetap sinergi. Untuk menjaga kualitas lingkungan maka di dalam pemanfaatan hutan sejauh mungkin dihindari terja-dinya konversi dari hutan alam yang masih produktif menjadi hutan tanaman.

- Pemanfaatan hutan dilakukan dengan pemberian izin pemanfaatan kawasan, izin pemanfaatan jasa lingkungan, izin pemanfaatan hasil hutan kayu dan izin pemanfaatan hasil hutan bukan kayu, izin pemungutan hasil hutan kayu dan bukan kayu. Disamping mempunyai hak memanfaatkan, pemegang izin harus bertanggung jawab atas segala macam gangguan terhadap hutan dan kawasan hutan yang dipercayakan kepadanya.
- Dalam rangka pengembangan ekonomi rakyat yang berkeadilan, maka usaha kecil, menengah, dan koperasi mendapatkan kesempatan seluas-luasnya dalam pemanfaatan hutan. Badan usaha milik negara (BUMN), badan usaha milik daerah (BUMD), dan badan usaha milik swasta Indonesia (BUMS Indonesia) serta koperasi yang memperoleh izin usaha dibidang kehutanan, wajib bekerja sama dengan koperasi masyarakat setempat dan secara bertahap memberdayakannya untuk menjadi unit usaha koperasi yang tangguh, mandiri dan profesional sehingga setara dengan pelaku ekonomi lainnya.
- Hasil pemanfaatan hutan sebagaimana telah diatur dalam peraturan per-uu-an, merupakan bagian dari penerimaan negara dari SD Alam sektor kehutanan, dengan memperhatikan perimbangan pemanfaatannya untuk kepentingan pemerintah pusat dan pemerintah daerah. Selain kewajiban untuk membayar iuran, provisi maupun dana reboisasi, pemegang izin harus pula menyisihkan dana investasi untuk pengembangan SDM, meliputi lit-bang, diklat serta penyuluhan; dan dana investasi pelestarian hutan.
- Untuk menjamin status, fungsi, kondisi hutan dan kawasan hutan dilakukan upaya perlindungan hutan yaitu mencegah dan membatasi kerusakan hutan yang disebabkan oleh perbuatan manusia dan ternak, kebakaran, daya-daya alam, hama dan penyakit. Termasuk dalam pengertian perlindungan hutan adalah mempertahankan dan menjaga hak-hak negara, masyarakat dan perorangan atas hutan, kawasan hutan dan hasil hutan serta investasi dan perangkat yang berhubungan dengan pengelolaan hutan.
- Dalam pengurusan hutan secara lestari, diperlukan SDM berkualitas berciri kan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi yang didasari dengan iman dan taqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, melalui penyelenggaraan penelitian dan pengembangan, pendidikan dan latihan serta penyuluhan kehutanan yang berkesinambungan. Namun demikian dalam penyelenggaraan pengembangan sumber daya manusia melalui ilmu pengetahuan dan teknologi, wajib memperhatikan kearifan tradisional serta kondisi sosial budaya masyarakat.
- Agar pelaksanaan pengurusan hutan dapat mencapai tujuan dan sasaran yang ingin dicapai, maka pemerintah dan pemerintah daerah wajib melakukan pengawasan kehutanan. Masyarakat dan atau perorangan berperan serta dalam pengawasan pelaksanaan pembangunan kehutanan baik langsung maupun tidak langsung sehingga masyarakat dapat mengetahui rencana peruntukan hutan, pemanfaatan hasil hutan dan informasi kehutanan.

- Selanjutnya dalam undang-undang ini dicantumkan ketentuan pidana, ganti rugi, sanksi administrasi, dan penyelesaian sengketa terhadap setiap orang yang melakukan perbuatan melanggar hukum dibidang kehutanan. Dengan sanksi pidana dan administrasi yang besar diharapkan akan menimbulkan efek jera bagi pelanggar hukum di bidang kehutanan. Pejabat pegawai negeri sipil tertentu yang lingkup tugas dan tanggung jawabnya meliputi pengurusan hutan, diberi wewenang khusus sebagai penyidik.
- UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan mencakup pengaturan yang luas tentang hutan dan kehutanan, termasuk sebagian menyangkut konservasi sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya. Dengan telah ditetapkannya UU No.5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati & Ekosistem-nya, maka semua ketentuan yang telah diatur dalam UU No. 5 Tahun 1990 tersebut tidak diatur lagi dalam undang-undang ini.

Keterkaitan dalam kehutanan ditunjukkan dalam Gambar 5-65.

Gambar 5-65. Hal-hal yang berkaitan dengan kehutanan

5.6.5.2 Beberapa Definisi

Kehutanan adalah sistem pengurusan yang bersangkut paut dengan hutan, kawasan hutan, dan hasil hutan yang diselenggarakan secara terpadu. Beberapa definisi yang terkait dengan kehutanan ditunjukkan dalam Tabel 5-21.

Tabel 5-21. Beberapa definisi di dalam UU No. 41 Tahun 1999

<table>
<tr><td colspan="2">Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi SD Alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kehutanan adalah sistem pengurusan yang bersangkut paut dengan hutan, kawasan hutan, dan hasil hutan yang diselenggarakan secara terpadu.</td></tr>
<tr><td>Hutan negara adalah hutan yang berada pada tanah yang tidak dibebani hak atas tanah.</td><td>Hutan hak adalah hutan yang berada pada tanah yang dibebani hak atas tanah.</td></tr>
<tr><td>Hutan adat adalah hutan negara yang berada dalam wilayah masyarakat hukum adat.</td><td>Hutan produksi adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok memproduksi hasil hutan.</td></tr>
<tr><td>Hutan lindung adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut, dan memelihara kesuburan tanah.</td><td>Hutan konservasi adalah kawasan hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kawasan hutan suaka alam adalah hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok sebagai kawasan pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya, yang juga berfungsi sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan.</td></tr>
<tr><td>Kawasan hutan pelestarian alam adalah hutan dengan ciri khas tertentu, mempunyai fungsi pokok perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekara-gaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari SD Alam hayati dan ekosistemnya.</td><td>Kawasan hutan adalah wilayah tertentu yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh Pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Taman buru adalah kawasan hutan yang ditetapkan sebagai tempat wisata berburu.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Hasil hutan adalah benda-benda hayati, nonhayati dan turunannya, serta jasa yang berasal dari hutan.</td></tr>
</table>

5.6.5.3 Asas, Tujuan Serta Penguasaan Hutan

Asas & tujuan penyelenggaraan kehutanan ditunjukkan dalam Gambar 5-66.

Tujuan:

a. Menjamin keberadaan hutan dengan luasan yang cukup dan sebaran yang proporsional.
b. Mengoptimalkan aneka fungsi hutan yang meliputi fungsi konservasi, fungsi lindung, dan fungsi produksi untuk mencapai manfaat lingk, sos- bud & eko, yang seimbang dan lestari.
c. Meningkatkan daya dukung DAS.
d. Meningkatkan kemampuan untuk mengembangkan kapasitas dan keberdayaan masyarakat secara partisipatif, berkeadilan, dan berwawasan lingkungan sehingga mampu menciptakan ketahanan sosial dan ekonomi serta ketahanan terhadap akibat perubahan eksternal.
e. Menjamin distribusi manfaat yang berkeadilan dan berkelanjutan.

Gambar 5-66. Asas dan tujuan

Penguasaan hutan oleh Negara memberi wewenang kepada Pemerintah untuk:

- mengatur dan mengurus segala sesuatu yang berkaitan dengan hutan, kawasan hutan, dan hasil hutan;
- menetapkan status wilayah tertentu sebagai kawasan hutan atau kawasan hutan sebagai bukan kawasan hutan. Yang dimaksud dengan wilayah tertentu adalah wilayah bukan kawasan hutan, yang dapat berupa hutan atau bukan hutan.

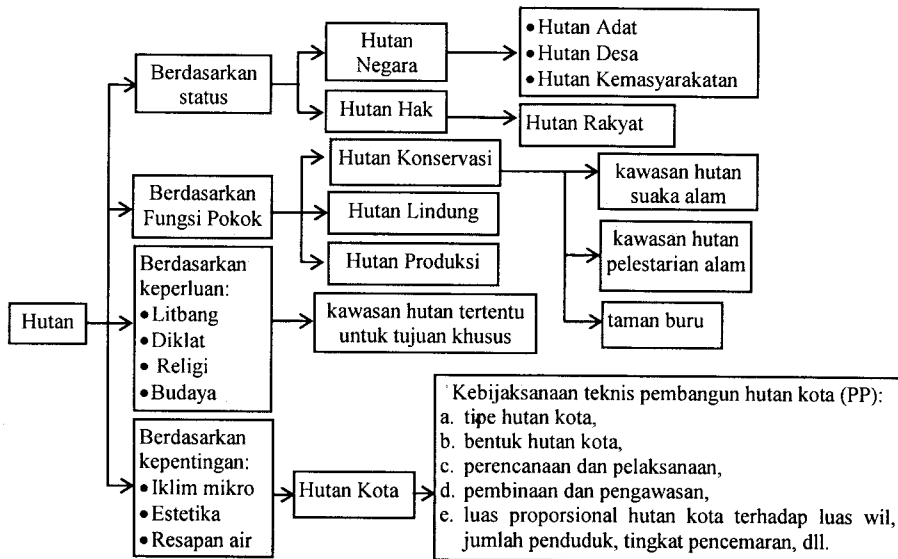
- mengatur dan menetapkan hubungan-hubungan hukum antara orang dengan hutan, serta mengatur perbuatan-perbuatan hukum mengenai kehutanan.

Penguasaan hutan dan hasil hutan ditunjukkan dalam Gambar 5-67.

Hasil hutan:
- Hasil nabati beserta turunannya seperti kayu, bambu, rotan, rumput2-an, jamur2, tanaman obat, getah2-an, dll, serta bagian dari tumbuh2-an atau yang dihasilkan oleh tumbuh2-an di dalam hutan.
- Hasil hewani beserta turunannya seperti satwa liar dan hasil penangkarannya, satwa buru, satwa elok, dll hewan, serta bagian-bagiannya atau yang dihasilkannya.
- Benda2 nonhayati yang secara ekologis merupakan satu kesatuan ekosistem dengan benda2 hayati penyusun hutan, antara lain berupa sumber air, udara bersih, dll yang tidak termasuk benda2 tambang.
- Jasa diperoleh dari hutan a.l. berupa jasa wisata, jasa keindahan dan keunikan, jasa perburuan, dll
- Hasil produksi yang langsung diperoleh dari hasil pengolahan bahan-bahan mentah yang berasal dari hutan, yang merupakan produksi primer a.l. berupa kayu bulat, kayu gergajian, kayu lapis, dan pulp.
- Benda2 tambang yang berada di hutan juga dikuasai oleh negara, tetapi tidak diatur dalam UU ini, namun pemanfaatannya mengikuti peraturan yang berlaku.

Gambar 5-67. Penguasaan hutan dan hasil hutan

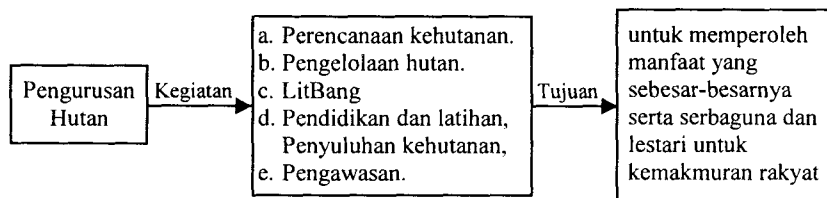
5.6.5.4Status dan Fungsi Hutan

Status dan fungsi hutan ditunjukkan dalam Gambar 5-68.

Gambar 5-68. Status dan fungsi hutan

5.6.6 Pengurusan Hutan

Pengurusan hutan terdiri atas kegiatan-kegiatan:

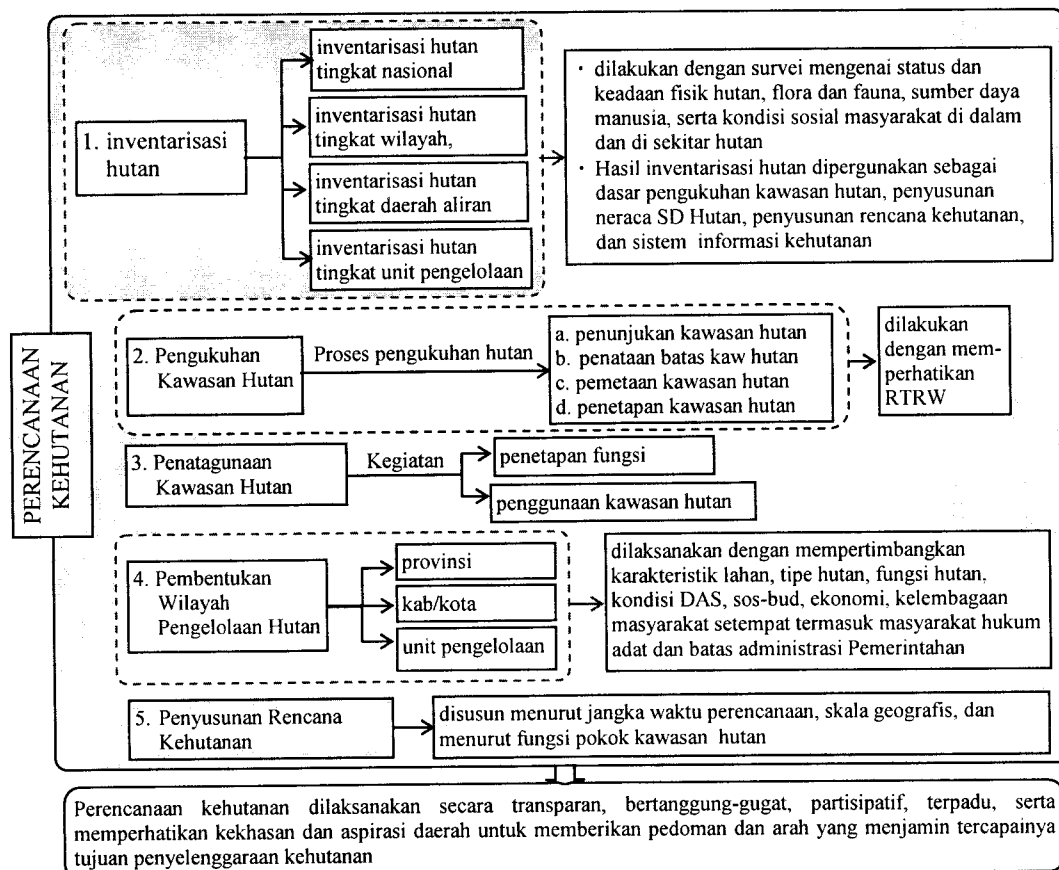
a. Perencanaan kehutanan.
b. Pengelolaan hutan.
c. Penelitian & Pengembangan
d. Pendidikan dan latihan, Penyuluhan kehutanan.
e. Pengawasan.

Kegiatan dan tujuan pengurusan hutan ditunjukkan dalam Gambar 5-66.

Gambar 5-69. Pengurusan hutan

5.6.6.1 Perencanaan Kehutanan

Perencanaan hutan meliputi:

1. inventarisasi hutan
2. pengukuhan kawasan hutan
3. penatagunaan kawasan hutan
4. pembentukan wilayah pengelolaan hutan
5. penyusunan rencana kehutanan

Detail tahap perencanaan hutan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5-70 di bawah ini.

Gambar 5-70. Perencanaan Hutan

5.6.6.1.1 Penetapan Luas Wilayah Hutan

Menurut Ayat (2) dan Penjelasannya, Pasal 18 UU No. 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan, Pemerintah menetapkan dan mempertahankan kecukupan luas kawasan hutan dan penutupan hutan, minimal 30 % (tiga puluh persen) dari luas DAS dan atau pulau dengan sebaran yang proporsional untuk setiap DAS dan atau pulau, guna optimalisasi manfaat lingkungan, manfaat sosial, dan manfaat ekonomi masyarakat setempat.

Hal ini juga berarti bahwa untuk provinsi atau kabupaten/kota yang luas > 30 % tidak boleh secara bebas mengurangi luas hutannya (hutan dikonversi untuk tata guna lahan yang lain) sampai ke batas 30 % tersebut. Sebaliknya untuk provinsi atau kabupaten/kota yang luas < 30 % perlu menambah luas hutannya.

Ayat (5) dan Penjelasannya Pasal 17 UU No. 26 Tahun 2007Tentang Penataan Ruang juga menyebutkan proporsi luas kawasan hutan dalam RTRW sebesar 30 % dari luas DAS dalam rangka pelestarian lingkungan.

Penetapan proporsi tersebut dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan tata air, karena sebagian besar wilayah Indonesia mempunyai curah dan intensitas hujan yang tinggi, serta mempunyai konfigurasi daratan yang bergelombang, berbukit dan bergunung yang peka akan gangguan keseimbangan tata air seperti banjir, erosi, sedimentasi, serta kekurangan air.

Distribusi luas kawasan hutan disesuaikan dengan kondisi DAS, antara lain, meliputi morfologi, jenis batuan, serta bentuk pengaliran sungai dan anak sungai. Dengan demikian kawasan hutan tidak harus terdistribusi secara merata pada setiap wilayah administrasi yang ada di dalam DAS.

Yang dimaksud dengan penutupan hutan (*forest coverage*) adalah penutupan lahan oleh vegetasi dengan komposisi dan kerapatan tertentu, sehingga dapat tercipta fungsi hutan antara lain iklim mikro, tata air, dan tempat hidup satwa sebagai satu ekosistem hutan. Yang dimaksud dengan optimalisasi manfaat adalah keseimbangan antara manfaat lingkungan, manfaat sosial, dan manfaat ekonomi secara lestari.

5.6.6.1.2 Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan

Perubahan peruntukan dan fungsi kawasan hutan ditetapkan oleh Pemerintah dengan didasarkan pada hasil penelitian terpadu.

Penelitian terpadu dilaksanakan untuk menjamin obyektivitas dan kualitas hasil penelitian, maka kegiatan penelitian diselenggarakan oleh lembaga pemerintah yang mempunyai kompetensi dan memiliki otoritas ilmiah (*scientific authority*) bersama-sama dengan pihak lain yang terkait.

Perubahan peruntukan kawasan hutan yang berdampak penting dan cakupan yang luas serta bernilai strategis, ditetapkan oleh Pemerintah dengan persetujuan Dewan Perwakilan Rakyat. Yang dimaksud de ngan "berdampak penting dan cakupan yang luas serta bernilai strategis", adalah perubahan yang berpengaruh terhadap kondisi biofisik seperti perubahan iklim, ekosistem, dan gangguan tata air, serta dampak sosial ekonomi masyarakat bagi kehidupan generasi sekarang dan generasi yang akan datang.

Ketentuan tentang tata cara perubahan peruntukan kawasan hutan dan perubahan fungsi kawasan hutan diatur dengan Peraturan Pemerintah.

Peraturan pemerintah memuat aturan antara lain:

a. kriteria fungsi hutan,
b. cakupan luas,
c. pihak-pihak yang melaksanakan penelitian
d. tata cara perubahan.

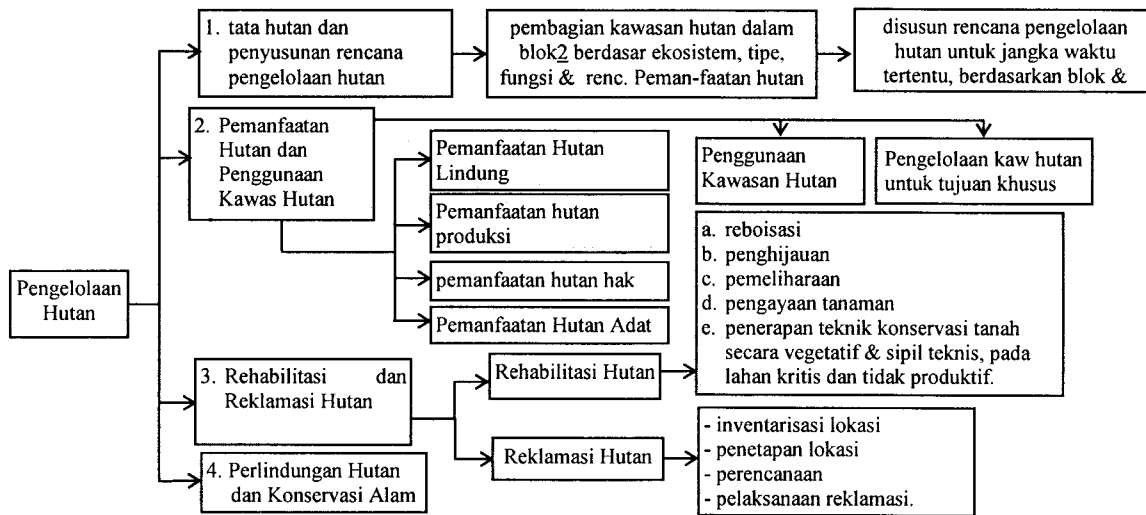
5.6.6.2 Pengelolaan Hutan

Hutan merupakan amanah Tuhan Yang Maha Esa, dan sesuai dengan Pasal 33 UUD 1945 maka pengelolaan hutan dilaksanakan dengan dasar akhlak mulia untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat. Oleh karena itu pengelolaan hutan harus memperhatikan berbagai kekhasan daerah serta kondisi sosial dan lingkungan yang sangat berkait dengan kelestarian hutan dan kepentingan masyarakat luas yang membutuhkan kemampuan pengelolaan secara khusus, diantaranya:

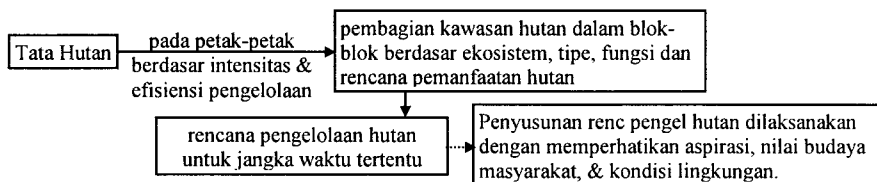
- nilai-nilai budaya masyarakat
- aspirasi dan persepsi masyarakat
- hak-hak rakyat
- peran serta masyarakat setempat.

Pengelolaan hutan meliputi kegiatan:

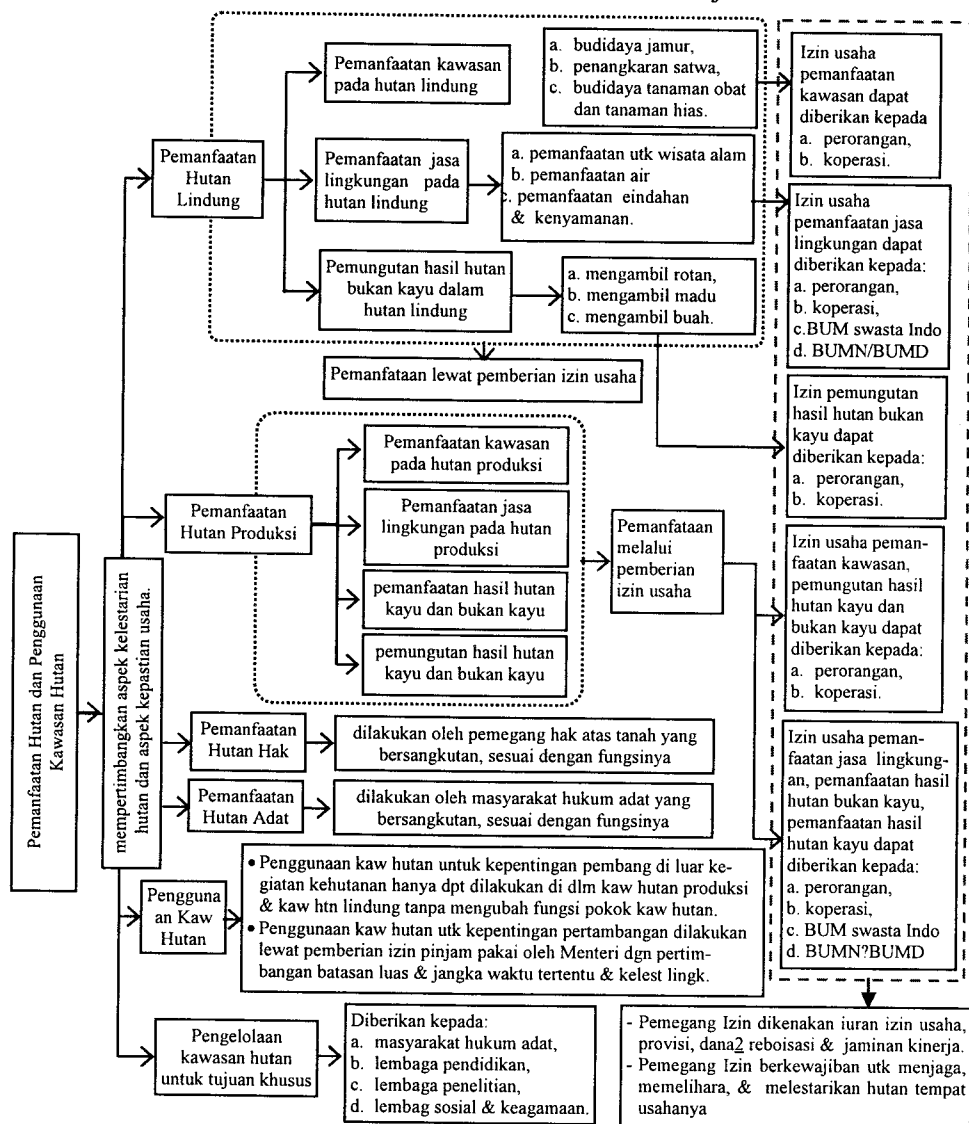
- tata hutan dan penyusunan rencana pengelolaan hutan
- pemanfaatan hutan dan penggunaan kawasan hutan
- rehabilitasi dan reklamasi hutan
- perlindungan hutan dan konservasi alam.

Detail pengelolaan hutan ditunjukkan dalam Gambar 5-71.

Gambar 5-71. Pengelolaan hutan (UU No 41 Tahun 1999)

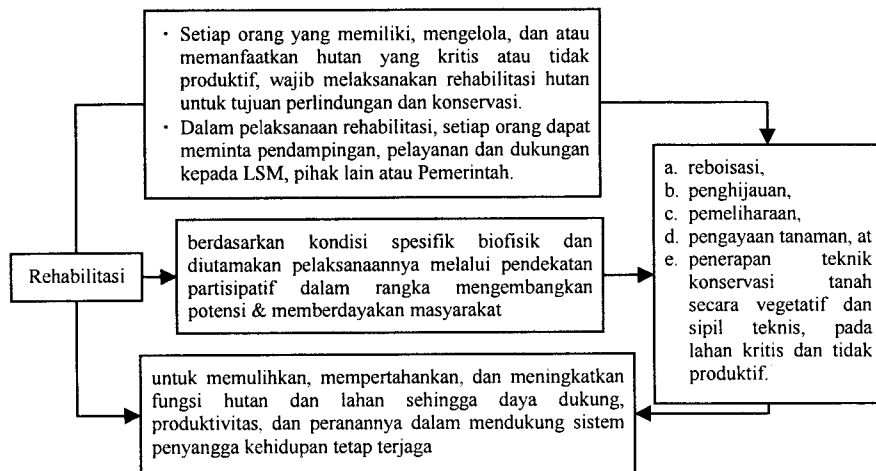
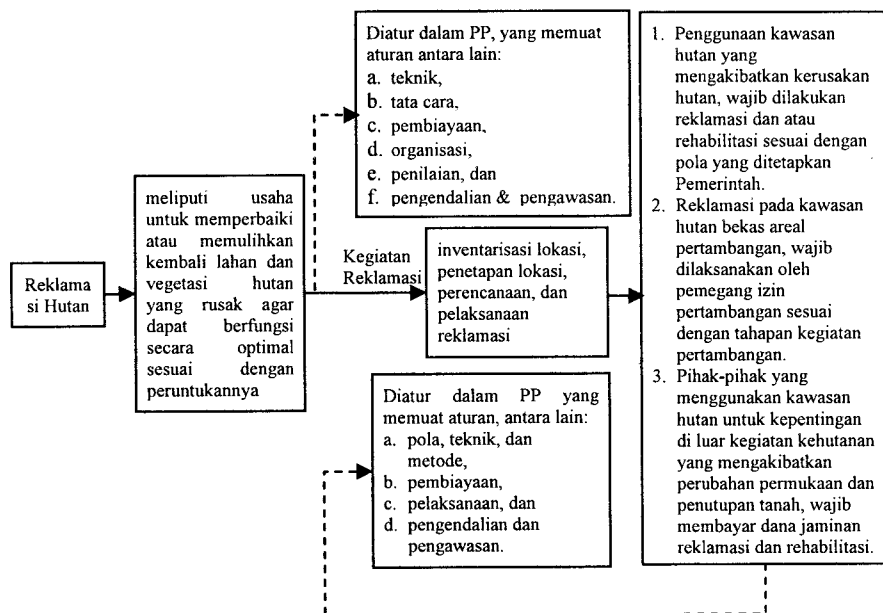
1. Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan

Tata hutan merupakan kegiatan rancang bangun unit pengelolaan hutan, yang dalam pelaksanaannya memperhatikan hak-hak masyarakat setempat, yang lahir karena kesejarahannya, dan keadaan hutan. Tata hutan mencakup kegiatan pengelompokan sumber daya hutan sesuai dengan tipe ekosistem dan potensi yang terkandung didalamnya, dengan tujuan untuk memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya bagi masyarakat secara lestari (lihat Gambar 5-72).

Gambar 5-72. Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan

2. Pemanfaatan Hutan dan Penggunaan Kawasan Hutan

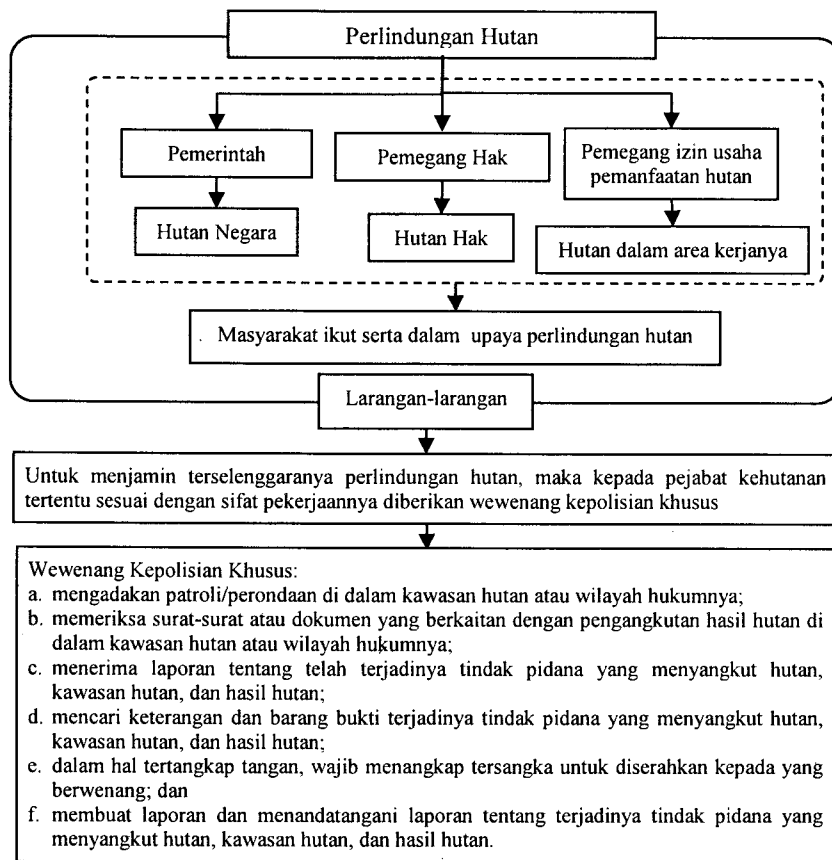
Detail pemanfaatan hutan dan penggunaan kawasan hutan ditunjukkan dalam Gambar 5-73.

Gambar 5-73. Pemanfaatan hutan

3. Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan

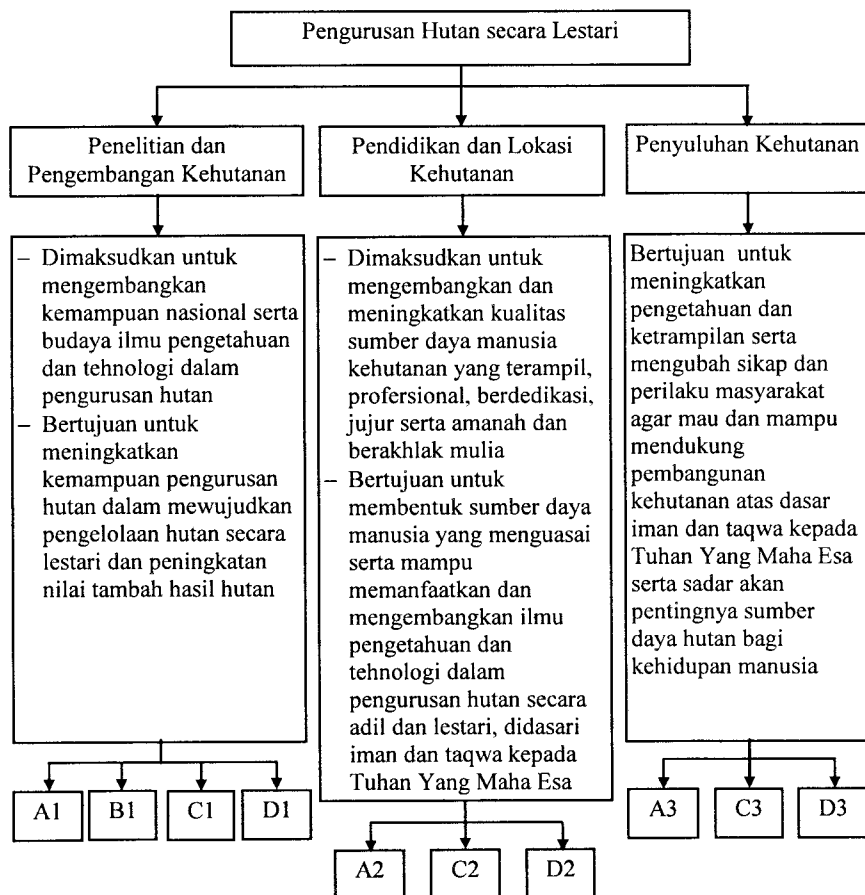
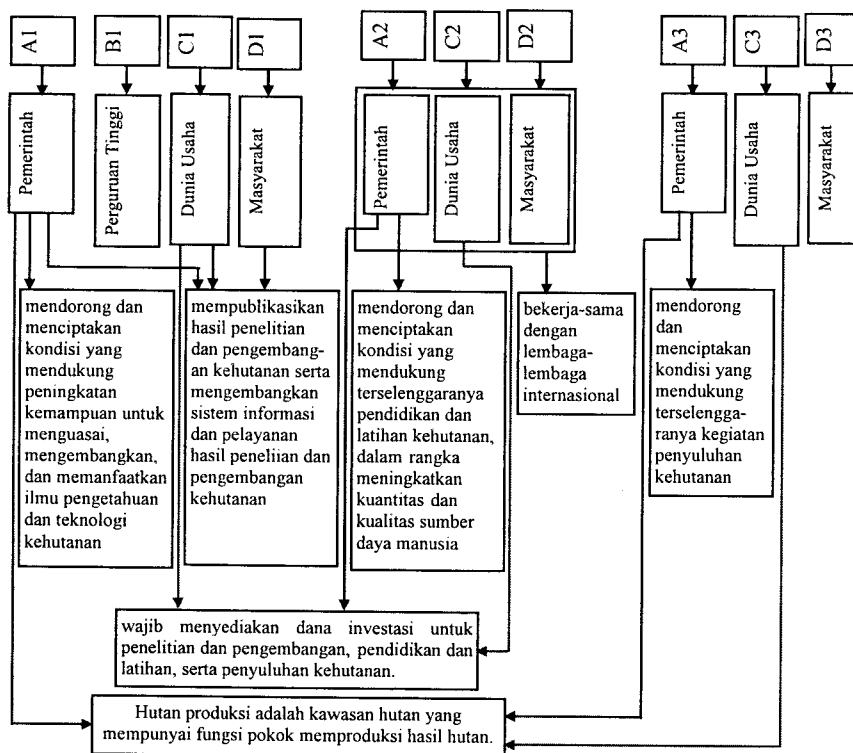
Detail rehabilitasi dan reklamasi hutan dapat dilihat dalam Gambar 5-74.

a. Rehabilitasi hutan

b. Reklamasi hutan

Gambar 5-74. Ruang lingkup rehabilitasi dan reklamasi hutan

4. Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam

Detail perlindungan hutan dan konservasi alam ditunjukkan dalam Gambar 5-75.

Gambar 5-75. Pihak-pihak yang berkaitan dengan perlindungan hutan dan konservasi alam

5.6.6.3 Penelitian dan Pengembangan, Pendidikan dan Latihan, Serta Penyuluhan Kehutanan

Detail uraian Penelitian dan Pengembangan, Pendidikan dan Latihan, Serta Penyuluhan Kehutanan ditunjukkan dalam Gambar 5-76.

a. Pengurusan hutan lestari

b. Lanjutan pengurusan hutan lestari

Gambar 5-76. Penelitian dan pengembangan, pendidikan dan latihan, serta penyuluhan kehutanan dalam rangka pengurusan hutan lestari

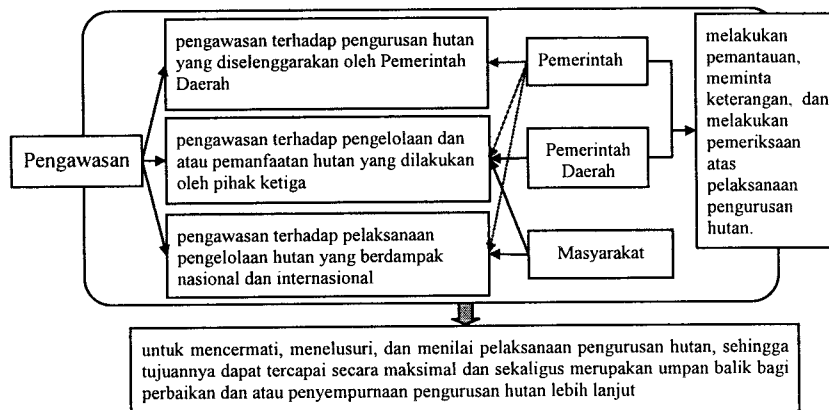
Dalam penyelenggaraan penelitian dan pengembangan, pendidikan dan latihan serta penyuluhan kehutanan, wajib memperhatikan ilmu pengetahuan dan teknologi, kearifan tradisional serta kondisi sosial budaya masyarakat.

Kearifan tradisional yang dimiliki oleh masyarakat Indonesia merupakan kekayaan kultural, baik berupa seni dan atau teknologi maupun nilai-nilai yang telah menjadi tradisi atau budaya masyarakat. Kekayaan tersebut merupakan modal sosial untuk peningkatan dan pengembangan kualitas SDM dan penguasaan IPTEK kehutanan.

Dalam penyelenggaraan penelitian dan pengembangan, pendidikan dan latihan, serta penyuluhan kehutanan, Pemerintah wajib menjaga kekayaan plasma nutfah khas Indonesia dari pencurian.

Plasma nutfah adalah substansi pembawa sifat keturunan yang dapat berupa organ utuh atau bagian dari tumbuhan atau hewan serta jasad renik. Plasma nutfah merupakan kekayaan alam yang sangat berharga bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mendukung pembangunan nasional. Pencurian plasma nutfah adalah mengambil atau memanfaatkan plasma nutfah secara tidak sah atau tanpa izin.

5.6.6.4 Pengawasan

Substansi pengawasan ditunjukkan dalam Gambar 5-77.

Gambar 5-77. Pengawasan kehutanan

Pengawasan kehutanan adalah pengawasan ketaatan aparat penyelenggara dan pelaksana terhadap semua ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang kehutanan.

Pengelolaan berdampak nasional adalah kegiatan pengelolaan hutan yang mempunyai dampak terhadap kehidupan bangsa, misalnya penebangan liar, pencurian kayu, penyelundupan kayu, perambahan hutan, dan penambangan dalam hutan tanpa izin.

Pengelolaan berdampak internasional adalah pengelolaan hutan yang mempunyai dampak terhadap hubungan internasional, misalnya kebakaran hutan, labelisasi produk hutan, penelitian dan pengembangan, kegiatan penggundulan hutan, serta berbagai pelanggaran terhadap konvensi internasional.

Ketentuan lebih lanjut tentang pengawasan kehutanan diatur dengan Peraturan Pemerintah. Peraturan pemerintah memuat aturan antara lain:

- o tata cara dan mekanisme pengawasan
- o kelembagaan pengawasan
- o obyek pengawasan
- o tindak lanjut pengawasan.

5.7 Sungai Aluvial

5.7.1 Umum

Fungsi utama (*primary function*) sungai adalah sebagai pembawa air dan sedimen (Jansen et al., 1979). Secara garis besar, komponen utama sungai dapat dibagi menjadi dua yaitu daerah aliran sungai (DAS) dan sistem sungainya. Sistem sungai mempunyai karakteristik yang berbeda baik satu sistem dengan lainnya maupun dalam sistem sungai itu. Dalam satu sistem sungai ada perbedaan-perbedaan, kemiringan dasar sungai, penampang sungai, material dan karakteristik lembah sungai. Banyak faktor dan variabel yang mempengaruhi sungai secara langsung. Identifikasi variabel-variabel yang paling penting,

yaitu (Lane, 1957; Schumm, 1972; Petersen, 1986): Debit, kemiringan memanjang, muatan sedimen, perlawanan aliran (*resistance to flow*) baik di tebing maupun dasar sungai, vegetasi, temperatur, geologi dan aktifitas manusia.

Demikian pula untuk DAS, banyak faktor dan variabel yang mempengaruhi baik di DAS maupun dalam sistem sungainya.

5.7.2 Lempeng Tektonik

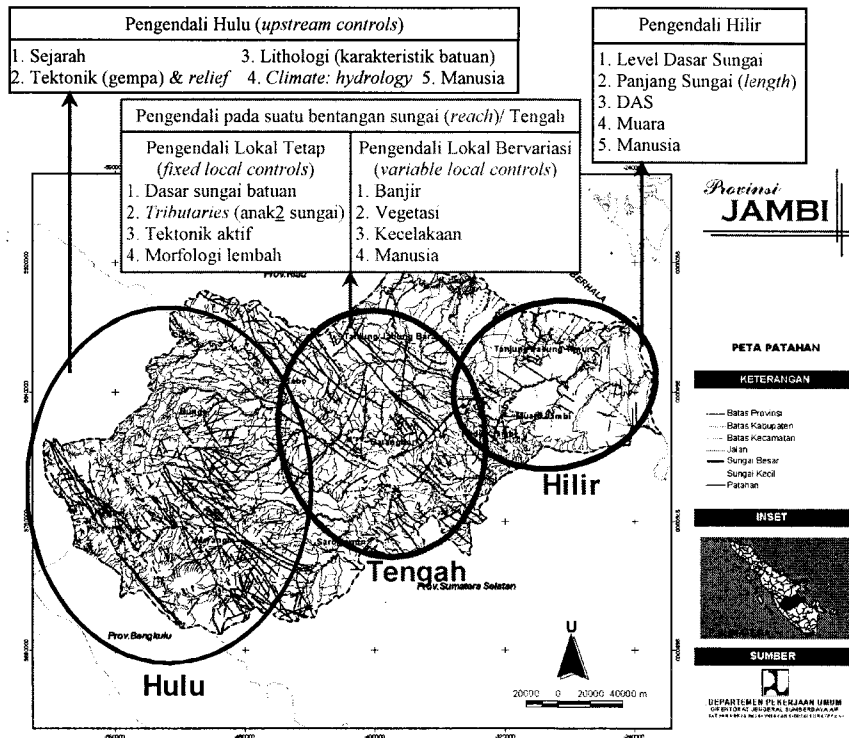
Tektonik memasuki semua aspek dalam ilmu bumi (*earth science*). Walaupun bisa dilakukan studi proses-proses erosi dan sedimentasi tanpa memperhatikan tektonik, *relief* yang menunjukkan proses-proses tersebut berlanjut selalu dalam beberapa cara terkait dengan kenaikan (*uplift*) atau penurunan (*subsidence*) (Schumm et al., 2002). Kaitan *relief* tersebut berhubungan erat dengan proses dan waktu. Artinya, bila kita berbicara tentang bumi dan lempeng-lempeng tektonik maka proses waktunya terkait dengan sejarah bumi (ribuan bahkan jutaan tahun) sedangkan proses erosi dan sedimentasi erat kaitan dengan kehidupan manusia (puluhan, ratusan, ribuan tahun).

Saat ini para ahli menaruh perhatian lebih besar terhadap peran tektonik terhadap kehidupan manusia dan tektonik aktif telah dikaji lebih dalam dengan penekanan terhadap studi dan ilmu kegempaan (McCalpin, 1996). Pengertian tektonik aktif adalah perubahan bentuk atau deformasi terus menerus (*ongoing deformation*) di permukaan bumi (Wallace, 1985). Secara lebih luas tektonik aktif didefinisikan sebagai proses-proses tektonik yang menghasilkan deformasi di permukaan bumi dalam skala waktu yang signifikan (penting) terhadap kehidupan manusia (Keller & Pinters, 1996).

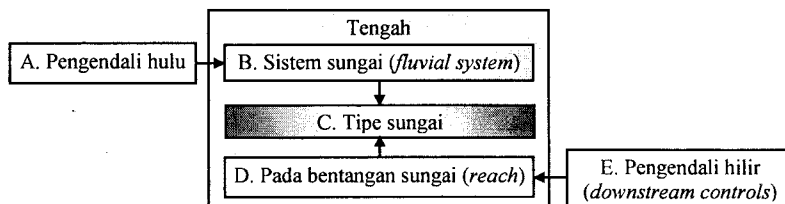
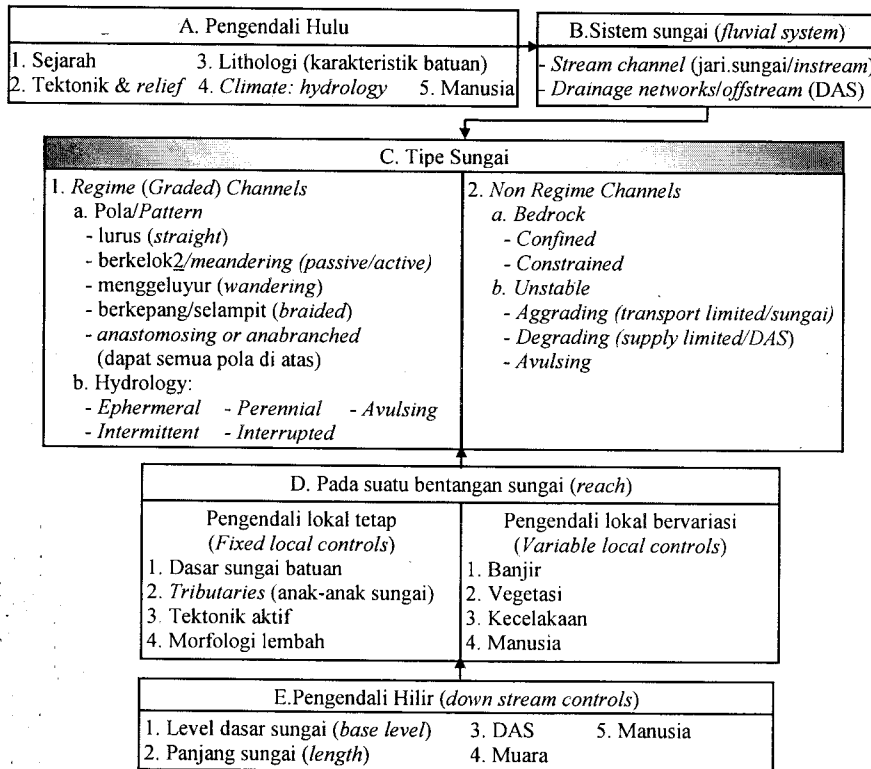
Indonesia dengan jumlah penduduk 237 juta (US Depart. of State, 2008) terdiri atas 17508 pulau dengan 6000 pulau yang dihuni (International Monetary Fund, 2007) masuk dalam wilayah cincin api (*ring of fire*). Cincin api adalah daerah (zona) dengan kejadian gempa dan letusan gunung berapi yang sering terjadi. Setidak-tidaknya ada 150 gunung berapi yang aktif (wikipedia, 2009; Global Volcanism Program, 2007).

Oleh karena itu hubungan aktif tektonik dengan sungai-sungai aluvial di Indonesia menjadi sangat penting. Artinya, proses morfologi sungai yang dinamis tidak hanya karena sifat dan gerakan dinamika sungai (morfologi sungai) saja namun juga harus dikaitkan dengan kejadian atau aspek-aspek yang terkait dengan tektonik yang terus berlangsung.

5.7.3 Perbedaan kondisi dan perlakukan sungai

Perbedaan kondisi dan perlakukan sungai dibagi menjadi tiga bagian, yaitu daerah hulu, tengah dan hilir seperti ditunjukkan dalam Gambar 5-78. Hal ini disebabkan oleh karakteristik, faktor dan variabel yang berbeda-beda untuk suatu sungai (DAS dan sistemnya).

Gambar 5-78. Peta Wilayah Sungai Batanghari, patahan dan pengendali sungai (Balai WS Sumatra VI, 2009; Pusat Lingkungan Geologi, 2007)

5.7.4 Macam-Macam Pengendali Perubahan Bentuk dan Sifat Sungai

Karena perbedaan karakteristik, faktor, variabel dan adanya pengaruh lempeng tektonik maka perubahan bentuk dan sifat sungai dikendalikan oleh banyak hal mulai dari hulu, tengah dan bagian hilirnya. Pengendali tersebut ditunjukkan dalam Gambar 5-79.

a. Macam-macam pengendali perubahan bentuk dan sifat dan tipe sungai

b. Detail Gambar a.

Gambar 5-79. Macam-macam pengendali perubahan bentuk dan sifat sungai (Schumm, 2005)

Macam-macam pengendali tersebut menjadi sangat penting terhadap sumber daya air dan harus dikaji secara detail. Sebagai contoh: lithologi (karakteristik batuan) memberi efek kepada *run-off* dan produk sedimen (*sediment yield*), tektonik dan relief memberi pengaruh besar terhadap morfologi sungai, dll.

5.7.5 Tipe Sungai

Sungai dapat dikelompokkan dalam beberapa tipe, yaitu (Schumm, 2005):

1. *Regime* (*Graded*) *Channels*

- Pola/*Pattern*
  - o Lurus *straight*
  - o *Meandering (passive/active)*
  - o *Wandering* (menggeluyur)
  - o *Braided* (berselampit/*kepang*)
  - o *Anastomosing* (dapat semua pola di atas)

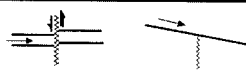
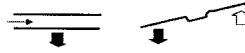
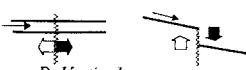
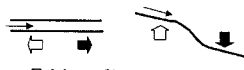
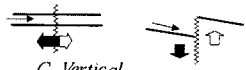
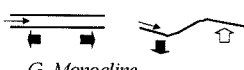
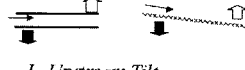
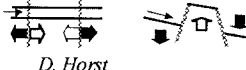
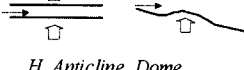
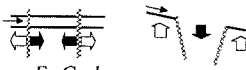
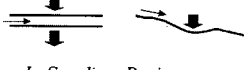
- Hydrology
    - *Ephermeral* (berlangsung sebentar)
    - *Intermittent* (yang sebentar-sebentar)
    - *Perennial* (abadi/lama)
    - *Interrupted* (terganggu)

2. *Non Regime Channels*

- *Bedrock*
    - *Confined*
    - *Constrained* (terdesak)
- *Unstable*
    - *Aggrading (transport limited)*
    - *Degrading (supply limited)*
    - *Avulsing*

5.7.6 Deformasi Permukaan Bumi

Secara geologi dan geomorfologi, ada banyak penyebab deformasi permukaan di lembah aluvial yang terjadi di dalam bumi sampai permukaannya, namun pada prinsipnya dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu (Schumm, 2000): Patahan (*fault*), Lipatan (*folding*) dan Jungkit (*tilt*).

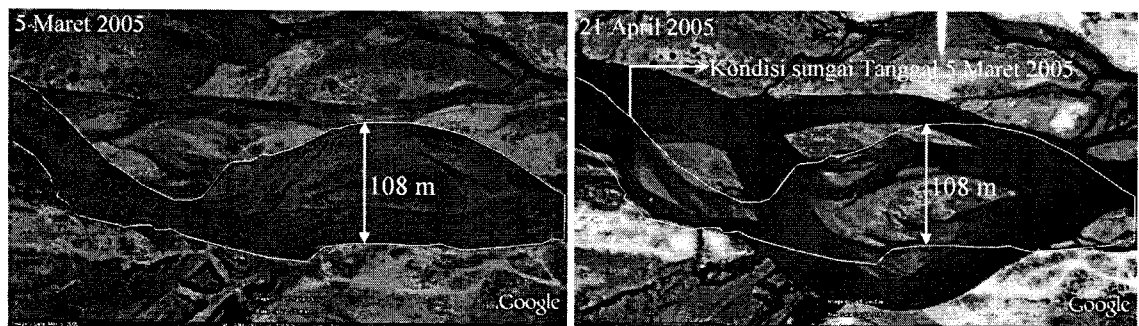
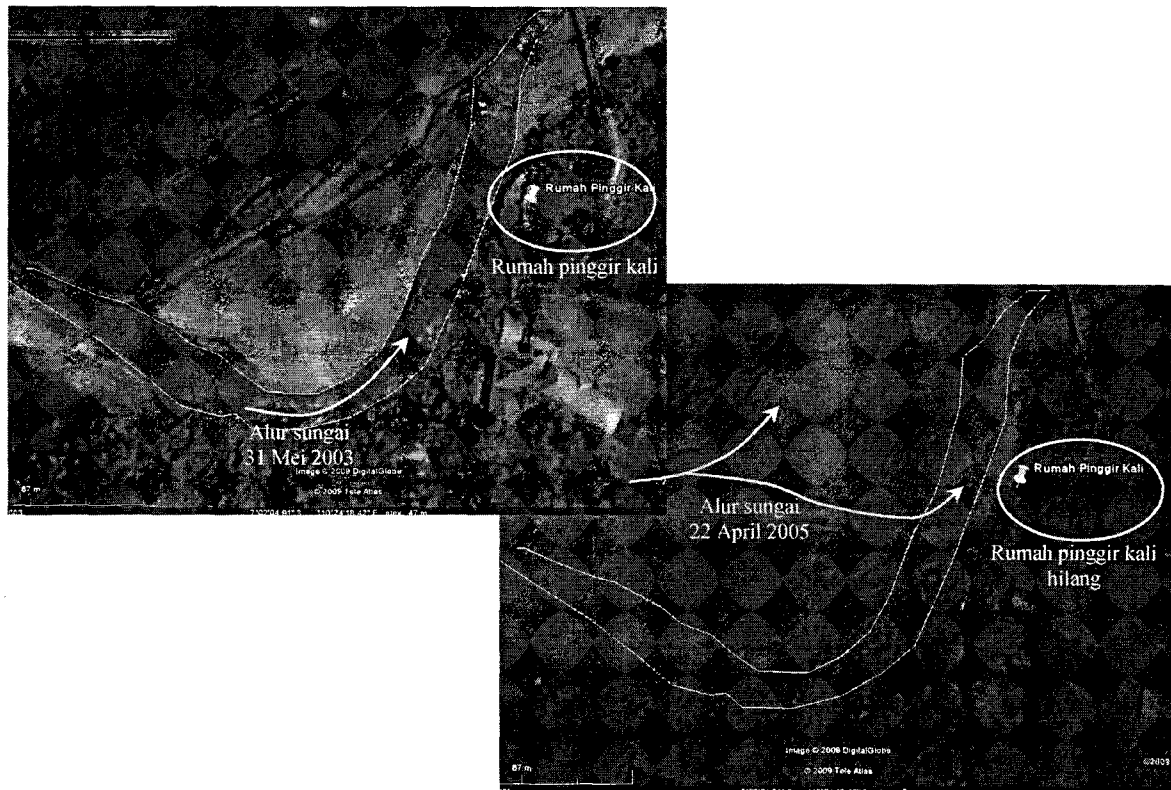
- Patahan (*faulting*)
  A. Menyamping (*Lateral*) *C. Vertikal* *E. Graben*
  B. Vertikal *D. Horst*
- Melipat (*Folding*)
  F. Monocline *H. Anticline, Dome* (kubah/lengkungan puncak)
  G. Monocline *I. Syncline, Basin*
- Menjadi miring (*Tilting*)
  J. Miring menyamping (*lateral tilt*)
  K.Miring hilir (*downstream tilt*)
  L.Miring hulu (*upstream tilt*)

Detail deformasi permukaan dan contohnya ditunjukkan dalam Gambar 5-80. Deformasi permukaan menyebabkan perubahan alur sungai, agradasi dan degradasi serta perubahan kecepatan aliran. Bentangan (*reach*) sungai bisa menjadi berlekuk-lekuk (*meander*) walau lokasinya berada di daerah hulu dengan kemiringan terjal. Pada daerah ini sungai menjadi tidak stabil dan terus berubah alur dan morfologinya. Untuk menentukan perencanaan sungai di daerah ini, maka perlu pemahaman karakteristik deformasi perubahan, sejarah dan tektonik, lithologi di samping curah hujan yang terjadi dan aktifitas manusia seperti diuraikan dalam Gambar 5-79.

Salah satu penyebab deformasi adalah gempa. Sebagai contoh gempa Tahun 1964 di Alaska menyebabkan vertikal deformasi dengan luas area 170000 sampai 200000 km2 di darat dan dasar laut (± sama dengan Pulau Sulawesi atau 1½ kali Pulau Jawa) dengan kenaikan (*uplift*) rata-rata 2 m dengan maksimum sampai 12 m dan ada penurunan (*subsidence*) antara 1 sampai 2,3 m (Plafker, 1969).

Pada prinsipnya secara rekayasa ada gabungan keilmuan antara disiplin ilmu teknik sipil (hidrologi, hidraulik, teknik sungai, erosi & sedimentasi, dan geo-teknik/mekanika tanah), geologi, geomorfologi, hidrogeologi dan geodesi dalam melakukan kajian menyeluruh dan terpadu.

FAULTING	*FOLDING*	*TILTING*
A. Lateral		*J. Lateral Tilt*
B. Vertical	*F. Monocline*	*L. Downstream Tilt*
C. Vertical	*G. Monocline*	*L. Upstream Tilt*
D. Horst	*H. Anticline, Dome*	*Fault* *Flow direction* *Upward movement* *Downward movement*
E. Graben	*I. Syncline, Basin*	
tampak atas potongan	tampak atas potongan	tampak atas potongan

Keterangan gambar: tampak atas (*plan view*) sebelah kiri, potongan melintang (*cross section*) sebelah kanan. Anak panah kecil ( ) menunjukkan gerakan aliran. Ukuran *displacement* dalam tiap kasus diperbesar/*exaggerated* (bukan ukuran sebenarnya seperti tampak dalam gambar)

a. Deformasi permukaan tanah oleh patahan/*faulting*, lipatan/*folding* & jungkitan/*tilting* (Ouchi, 1983)

b. Contoh perubahan kondisi sungai dari 5 Maret dan 21 April 2005 (hanya 21 hari)

c. Kondisi sungai 31 Mei 2003dan 22 April 2005

Catatan: contoh-contoh lain dapat dilihat dalam Gambar 5-123.

Gambar 5-80. Deformasi permukaan tanah dan contohnya di sungai (Google Earth, 2009)

5.7.7 Kondisi Beberapa Sungai di Indonesia

Kejadian perubahan sungai di Indonesia sudah banyak terjadi terutama di daerah Non CAT, sekitar pertemuan lempeng, daerah patahan dan daerah dengan intensitas gempa yang tinggi. Beberapa substansi untuk mengkaji hipotesis perubahan morfologi sungai-sungai di Indonesia adalah:

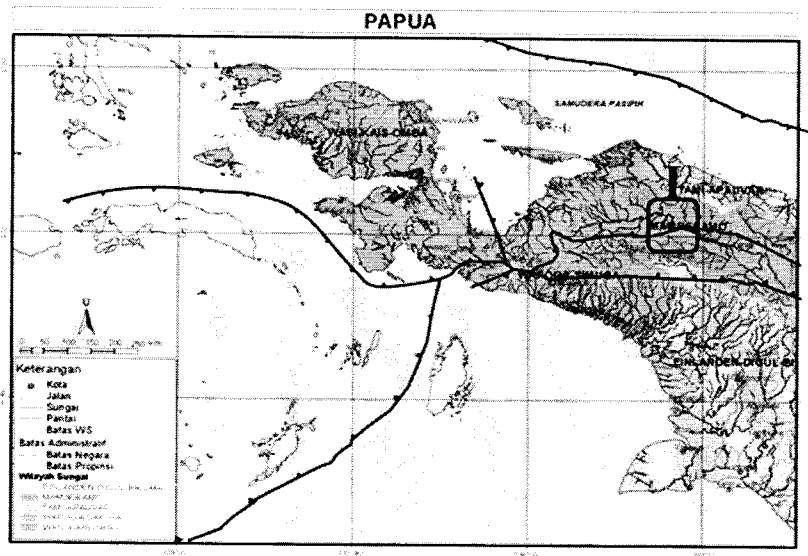
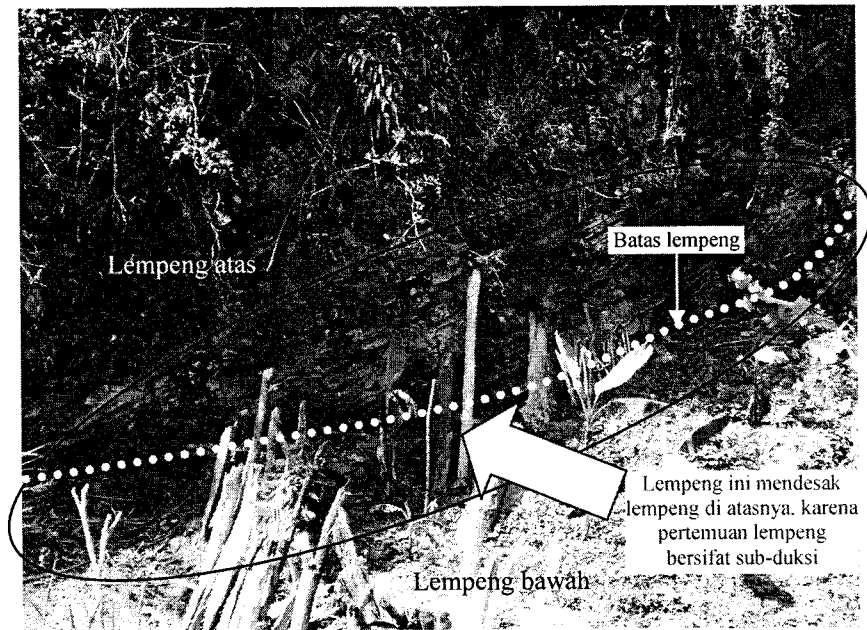
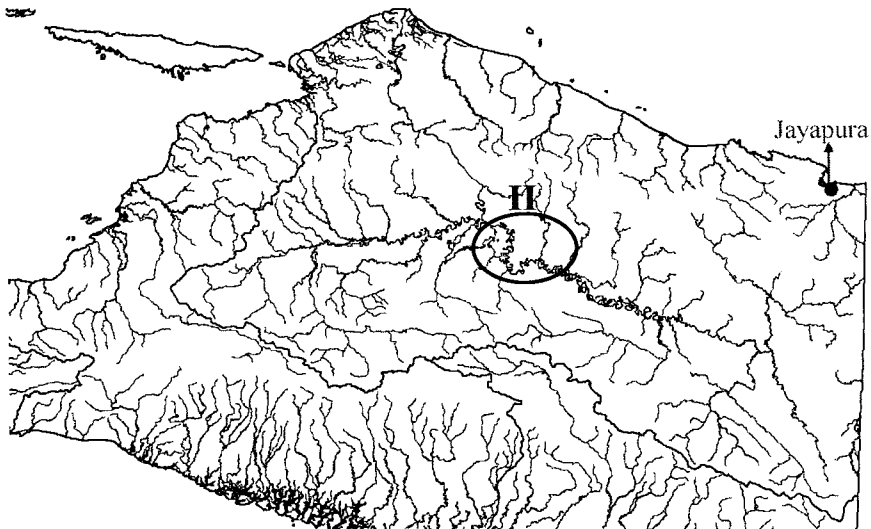
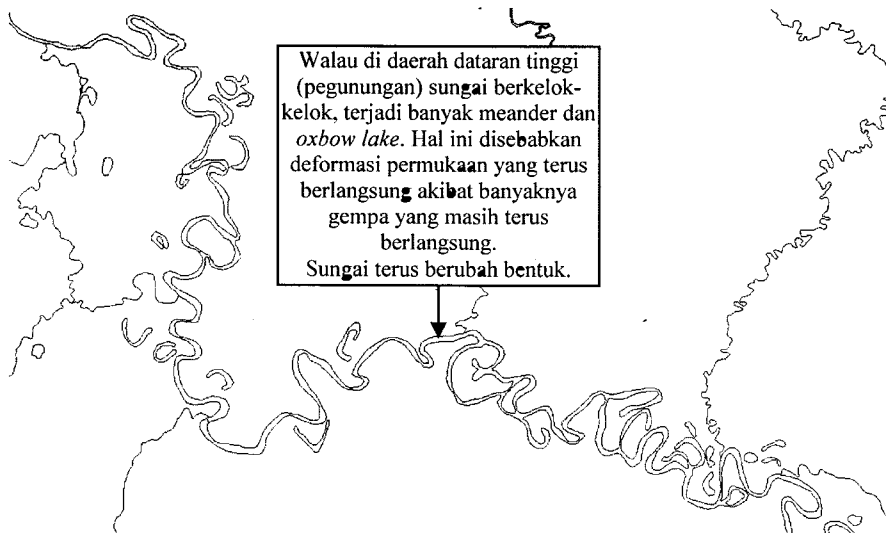
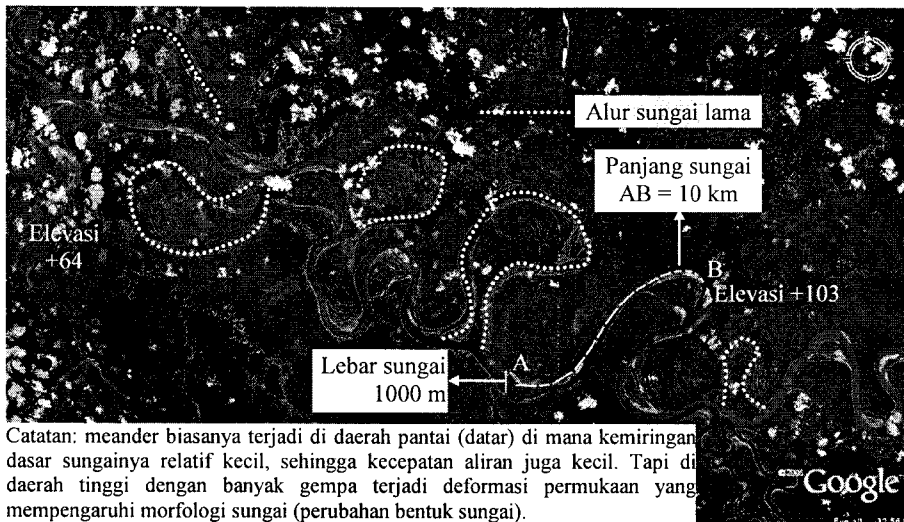
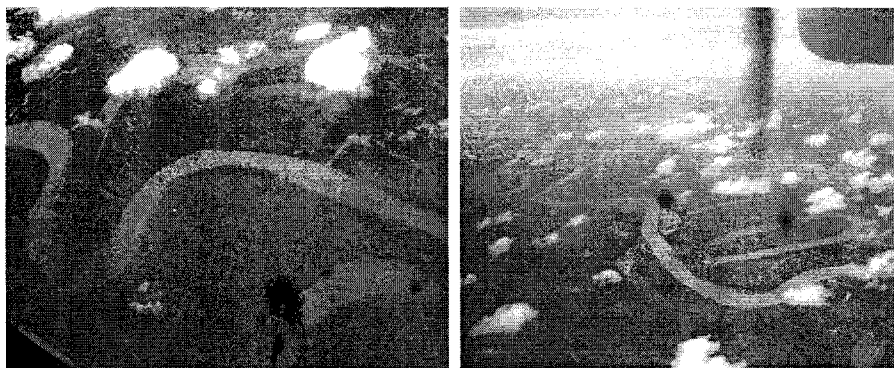
- Daratan Indonesia terbagi atas daerah CAT dan daerah Non-CAT. Pada daerah Non CAT banyak sekali terjadi perubahan morfologi sistem fluvial (sistem sungai dan daerah alirannya).
- Sejarah terbentuknya pulau-pulau. Hall (1995) mensimulasikan sejarah pembentukan pulau-pulau di Indonesia dalam rentang waktu jutaan tahun. Dari simulasi ininampak bahwa karakter dari masing-masing pulau di Indonesia berbeda yang mengakibatkan perubahan morfologi sistem fluvial.
- Indonesia berada di daerah pertemuan 4 lempeng tektonik.
- Pertemuan lempeng ini membuat Indonesia sebagai salah satu negara yang paling banyak berubah wilayah geologinya di dunia.

- Indonesia terletak di *Ring of Fire* (lingkaran magma) dan merupakan pusat dari lingkaran magma tersebut.
- Gempa terjadi secara terus-menerus dan sampai saat ini masih terus berlangsung. Indonesia mengalami tiga kali getaran dalam sehari, gempa bumi sedikitnya satu kali dalam sehari dan sedikitnya satu kali letusan gunung berapi dalam setahun.
- Ada lebih dari 400 gunung berapi dan 100 diantaranya masih aktif.
- Ada banyak bencana yang terkait dengan substansi-substansi di atas.

Beberapa substansi tersebut telah diuraikan dalam Sub-Bab 5.1.2.

Berikut ini diuraikan secara ringkas hipotesis beberapa sungai terkait dengan perubahan deformasi permukaan tanah.

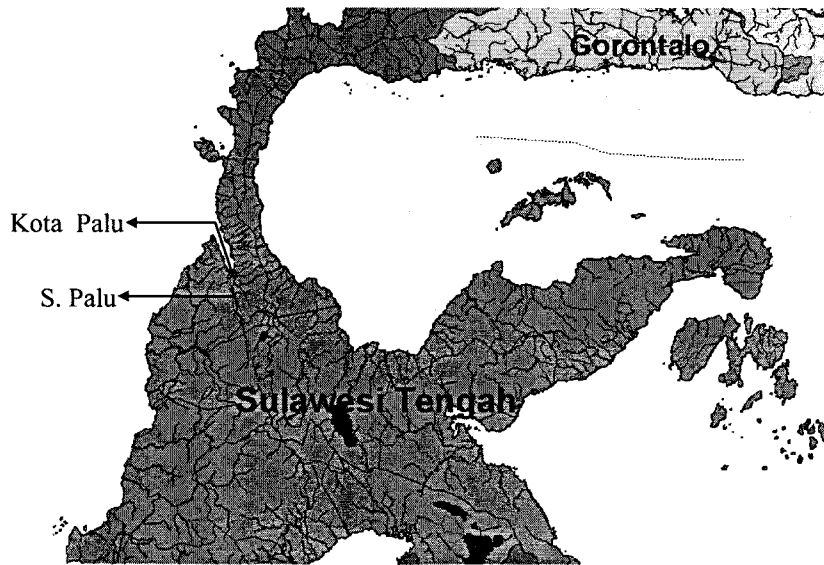
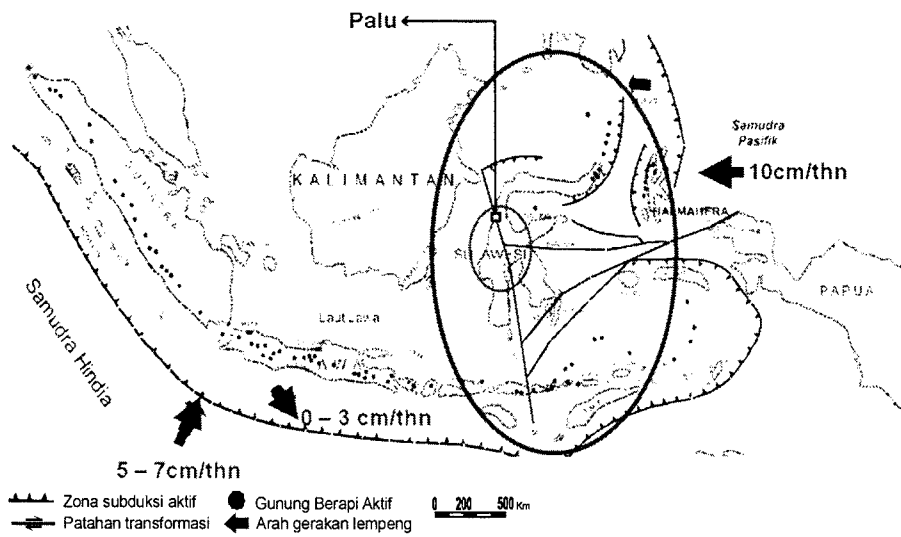
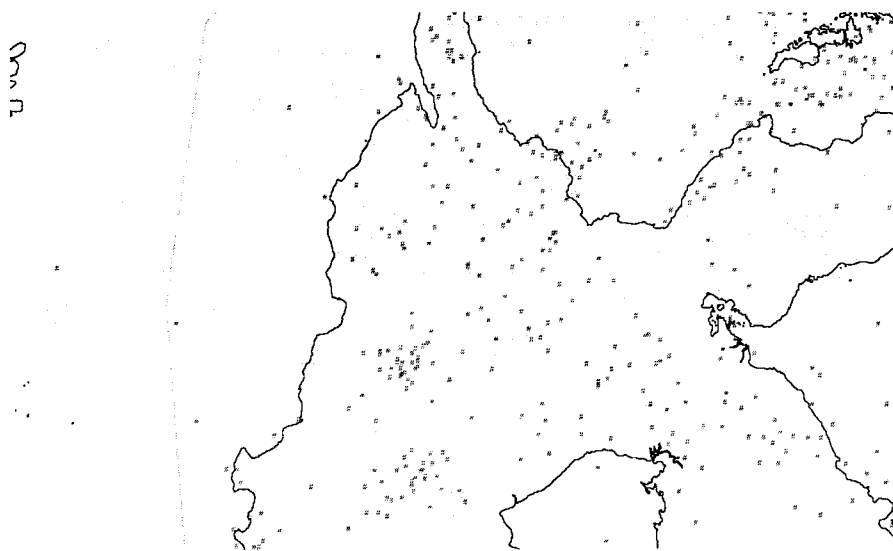
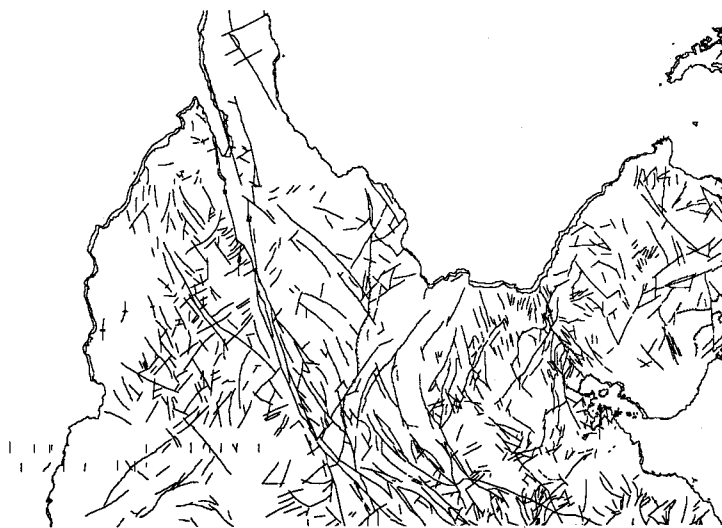
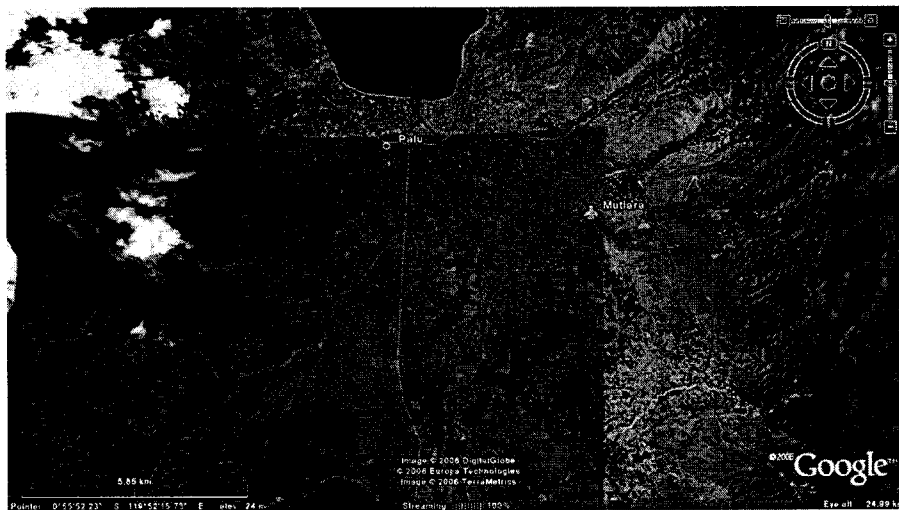
5.7.7.1 Sungai Mamberamo di Pulau Papua

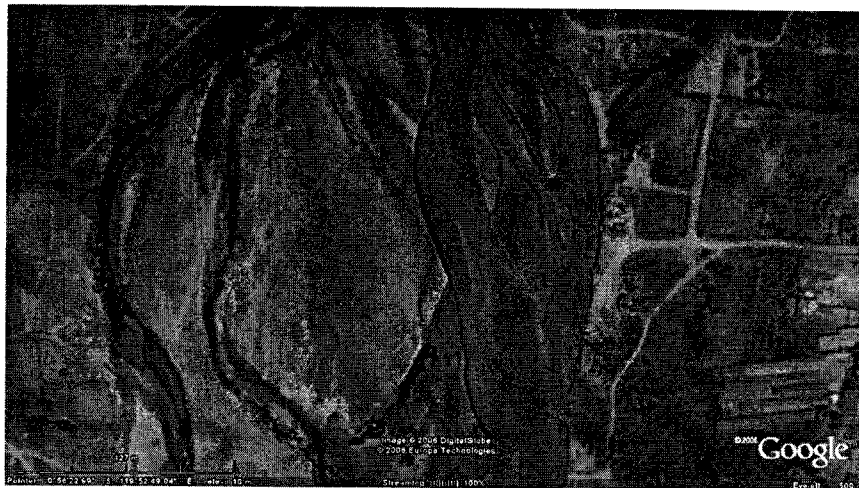
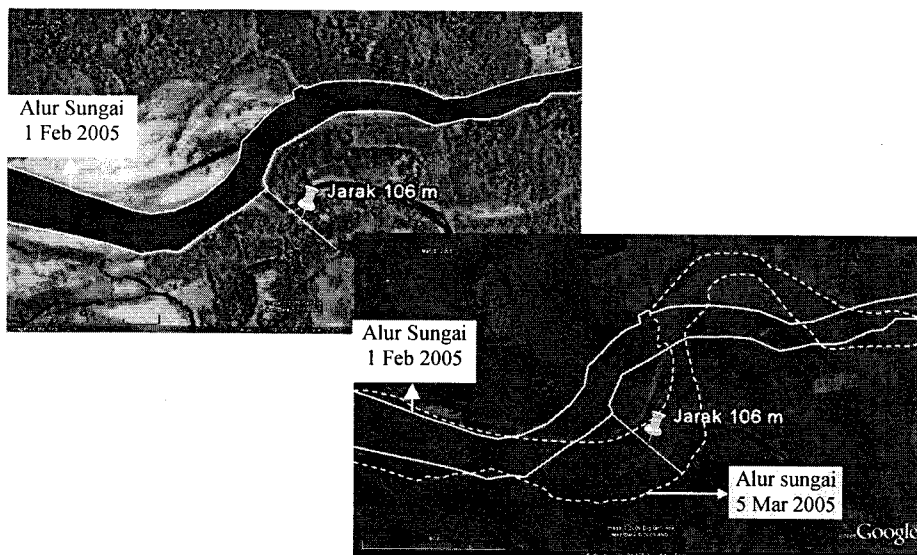
Proses perubahan morfologi S. Mamberamo ditunjukkan Gambar 5-81.

a. Sungai Mamberamo dan patahan (*fault*) subduksi (Permen PU 11A, 2006; Pusat Penelitian dan Pengembangan, Dep. ESDM, 2006)

b. Detail I dari Gambar a. Dokumentasi pertemuan dua lempeng yang satu mendesak lainnya (subduksi) (Kodoatie, 2004)

c. Wilayah Sungai Mamberamo (PerMen PU11A, 2006)

d. Detail II Gambar b. S. Mamberamo berubah-ubah bentuk (PerMen PU No. 11A, 2006)

e. Salah satu penggalan/bentangan (*reach*) S. Mamberamo (Google Earth, 2008)

f. Dokumentasi Sungai Mamberamo di lokasi sungai pada Gambar d (Kodoatie, 2005)

g. Kejadian gempa di Papua dengan berbagai kedalaman dan berbagai waktu (Pusat Penelitian dan Pengembangan, Dep. ESDM, 2006)

Gambar 5-81. Ilustrasi Sungai Mamberamo (PerMen PU No. 11A, 2006; Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Dep ESDM, 2006; Google Earth, 2008; Kodoatie, 2005)

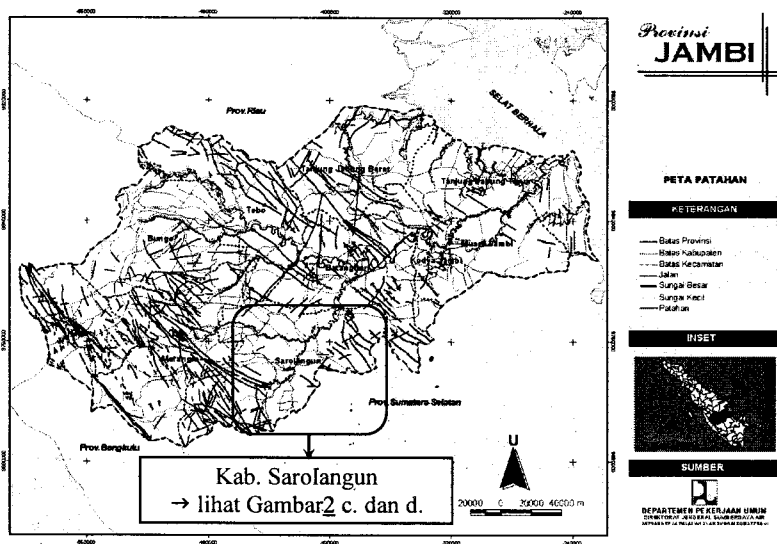
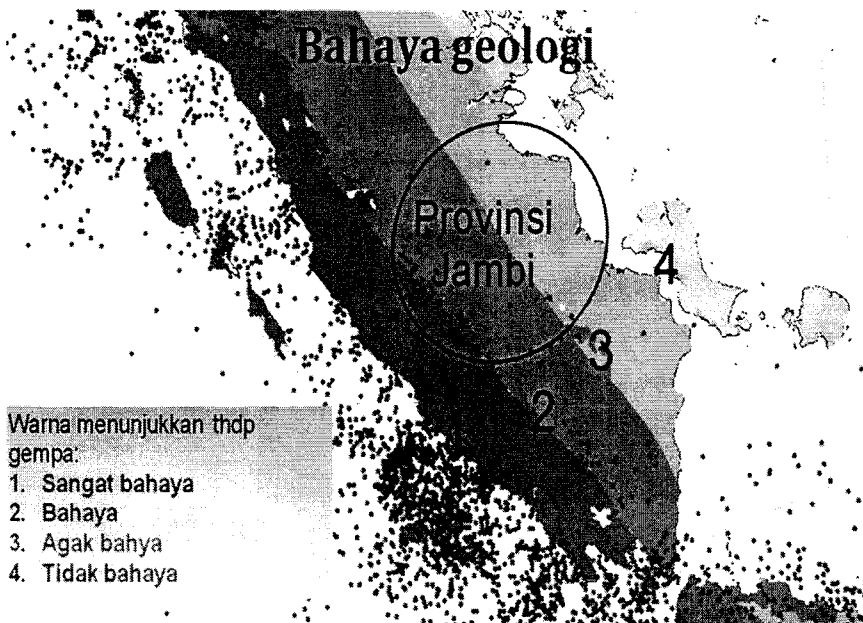
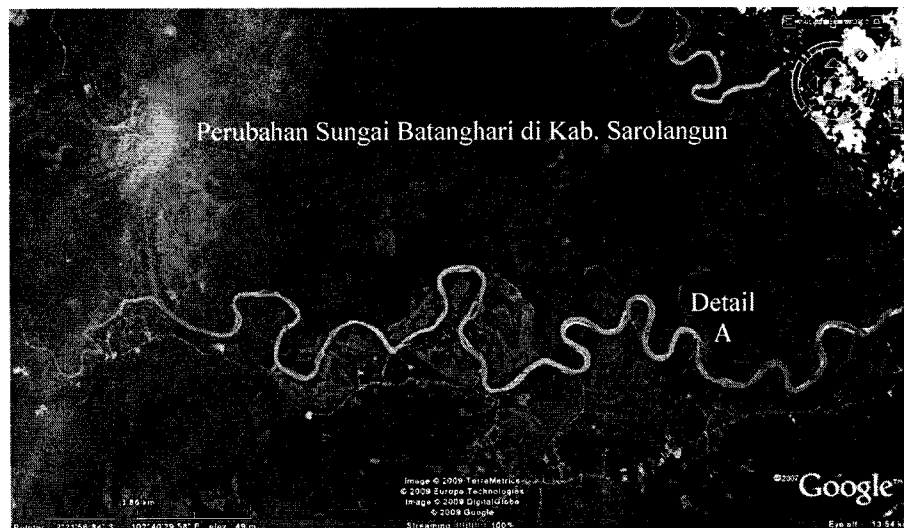
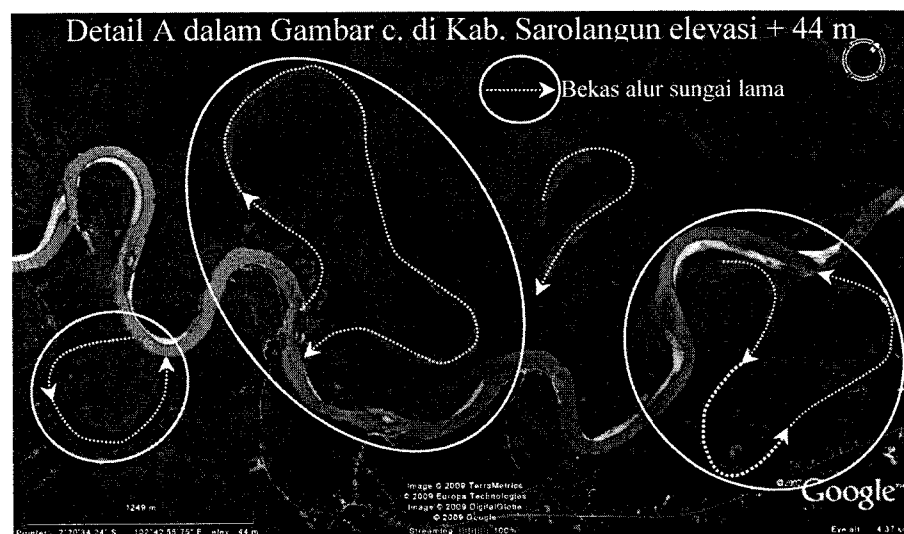
5.7.7.2Sungai Palu Sulawesi Tengah

Proses perubahan morfologi Sungai Palu ditunjukkan dalam Gambar 5-82.

a. Lokasi Sungai Palu (PerMen PU11A, 2006)

b. Skema dan Lempeng Tektonik (Katili, 1974)

c. Kejadian gempa di sekitar Sungai Palu (Pusat Penelitian dan Pengembangan, Dep. ESDM, 2006)

d. Patahan (sesar) di sekitar Sungai Palu (Pusat Penelitian dan Pengembangan, Dep. ESDM, 2006)

e. Lokasi Sungai Palu

f. Detail Sungai Palu

g. Detail A Gambar f

h. Penampang S. Palu berubah: dari 1 Feb 2003 sampai 5 Mar 2005 (2 tahun)

Gambar 5-82. Kondisi Sungai Palu yang berubah-ubah

5.7.7.3Sungai Batanghari di Jambi

Proses perubahan morfologi Sungai Batanghari ditunjukkan dalam Gambar 5-83.

a. Patahan di WS Batanghari (Satker Balai WS Sumatra VI, 2008)

b. Kejadian gempa di WS Batanghari Jambi (Pusat Penelitian dan Pengembangan, Dep. ESDM, 2006)

c. Perubahan Sungai Batanghari (Google Earth)

d. Detail A Gambar c. (Google Earth)

Gambar 5-83. Kondisi Sungai Batanghari yang berubah-ubah

5.8 Batuan dan Sumber Daya Air

Bumi hampir sebagian besar tersusun dari batuan. Secara keseluruhan bumi dibagi menjadi 3 lapisan, yaitu (Thompson & Turk, 1993; Taylor, 2005; Riley, 2005; Malam, 2005; Bowler, 2003):

- Kerak bumi (kerak benua tebal 20-70 km dan kerak lautan tebal 5-8 km)

- Mantel (mantel atas tebal ±2900 km dan mantel bawah ±2200 km)
- Inti bumi (tebal ±1200 km)

5.8.1 Formasi Batuan Pembawa Air

Batuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sumber daya air, baik itu dari sisi sumber air, daya air maupun keberadaan air.

Terhadap air permukaan batuan memberikan pengaruh antara lain terhadap sistem fluvial yaitu sistem DAS dan jaringan sungainya. Pengaruhnya diantaranya adalah adanya perubahan morpholgi sungai yaitu terjadinya meander, perubahan kemiringan, perubahan bentuk DAS baik dalam skala waktu (*time*) maupun skala ruang (*space*). Uraian dalam Sub-Bab 5.7.7 telah menjelaskan perubahan sungai yang diantaranya disebabkan adanya deformasi batuan maupun gerakan-gerakan tektonik.

Terhadap air asin yang bermuara di laut maka aliran air tanah merupakan agen atau perantara geologi yang memberikan pengaruh secara terus menerus terhadap lingkungan di sekelilingnya di dalam bumi (Toth, 1984). Chebotarev (1995) menyimpulkan bahwa selama proses perjalanannya aliran air tanah cenderung mengubah secara perlahan komposisi kimia air yang ada dari hulu ke hilir dan mengarah pada komposisi kimia air laut. Unsur-unsur kimia yang larut dalam air tanah berjalan & berevolusi lewat jalan aliran air tanah. Ia menyelidiki bahwa evolusi ini diikuti oleh perubahan regional dari species *anion* yang dominan seperti terlukis pada diagram di bawah ini.

⟶ Proses perjalanan air tanah dari hulu (gunung) ke hilir (laut)

$$HCO3^- \rightarrow (HCO3^-, SO4^{-2}) \rightarrow SO4^{-2} \rightarrow (SO4^{-2}, Cl^-) \rightarrow (Cl^-, SO4^{-2}) \rightarrow Cl$$

1 (asam)	2	3 (garam)
Hulu (gunung)	tengah	hilir (laut)

Di dalam kehidupan sehari-hari ada istilah umum "asam di gunung dan garam di laut" yang mengikuti proses perjalanan air tanah tersebut.

Terhadap air tanah, sikap batuan sangat mempengaruhi keberadaan dan keterdapatan air tanah. Air tanah terdapat di banyak tipe formasi geologi lulus air yang dapat bertindak sebagai lapisan pembawa air atau lebih dikenal dengan nama akuifer.

Dapat disimpulkan ada interaksi imbal balik yang penting antara air dan batuan, artinya keduanya akan saling mempengaruhi dari sisi keberadaan masing-masing dalam skala waktu dan ruang (*interdependency*).

Pada prinsipnya batuan dibagi dalam tiga jenis, yaitu: batuan beku, batuan sedimen dan batuahan malihan (metamorf).

5.8.2 Batuan Beku

Batuan beku (*igneous rock*) terbentuk dari hasil pembekuan magma yang berbentuk cair dan panas. Magma tersebut mendingin dan mengeras di dalam atau di atas permukaan bumi (Bishop et al., 2007). Proses pembentukan batuan beku dapat dibedakan menjadi dua cara, ialah secara intrusif dan ekstrusif. Batuan beku yang terbentuk dari hasil pembekuan cairan magma yang terjadi jauh di bawah permukaan

tanah (di dalam tanah) disebut batuan beku intrusif contoh granit, diorit, dan gabro, sedangkan batuan beku yang terbentuk dari hasil pembekuan cairan magma yang terjadi di permukaan tanah disebut batuan beku ekstrusif contoh lava basalt, andesit, dan riolit (Goodman, 1993). Batuan beku yang terbentuk di luar kulit bumi melalui kegiatan vulkanik disebut batuan vulkanik, sedangkan yang terbentuk di dalam kulit bumi disebut batuan plutonik.

Dalam bentuk pejal, formasi batuan ini relatif kedap atau tidak lulus air dan oleh sebab itu tidak dapat menyimpan dan melalukan air, sehingga disebut sebagai akuifug atau perkebal (*aquifuge*). Namun apabila formasi batuan ini mempunyai banyak rongga, celahan, dan rekahan akibat proses pembentukan dan akibat gaya geologi, maka formasi batuan ini dapat bertindak sebagai formasi batuan pembawa air atau akuifer.

5.8.2.1 Batuan Vulkanik

Lava basalt merupakan salah satu dari batuan vulkanik, kurang lebih 70% permukaan bumi (Taylor, 2005). Bukaan lava basalt biasanya berupa rekahan. Batuan dengan pori-pori yang tinggi merupakan hasil dari pengembangan bukaan gelembung-gelembung gas yang disebut lava dingin. Akuifer basal mengandung air pada rekahan antara bukaan gelembung-gelembung gas pada lapisan atas atau bawah akuifer tersebut (Johnson, 1974).

Pada batuan vulkanik lava mendingin dengan cepat pada permukaan tanah yang akan membentuk lubang-lubang pada batuan dan lazim disebut dengan lava vesikuler. Lubang tersebut merupakan pori-pori batuan. Kesarangan (porositas) basalt yang terbentuk dari magma dengan kandungan gas rendah, umumnya berkisar antara 1% - 12% (Schoeller, 1962). Kesarangan batuan vulkanik tanpa rekahan mencapai lebih dari 85% seperti pada batu apung (Davis dan De Wiest, 1966). Pada kelulusan (permeabilitas) yang disebabkan oleh rekahan kesarangan lokal dapat meningkat karena pelapukan. Semakin tua umur batuan vulkanik kelulusan dan kesarangan cenderung semakin menurun secara perlahan terhadap waktu geologi. Penurunan kelulusan dan kesarangan ini terjadi karena pemadatan dan karena pori-pori terisi dengan mineral-mineral sekunder.

Pada erupsi vulkanik,j lava akan mengalir turun dari puncak gunung ke lembah, sehingga lembah ini akan tertimbun lava vesikuler yang akan menjadi akuifer. Sungai yang terbendung oleh lava akan menjadi danau yang terisi lanau, lempung, dan debu vulkanik (Davis dan De Wiest, 1966).

5.8.2.2 Batuan Plutonik

Batuan plutonik, seperti granit, gabbro, dan diorit memiliki ukuran kristal yang kasar karena magma memerlukan waktu yang cukup lama untuk menjadi dingin pada kedalaman tertentu Batuan beku yang membentuk retas (*dyke*) dan retas-lempang (*sill*) seringkali disebut batuan hipabisal. Batuan itu mendingin lebih cepat daripada plutonik karena terdapat di rongga-rongga kecil yang lebih dekat ke permukaan bumi. Hal ini membuat batu hipabisal, seperti kuarsa porfiri dan diabas, memiliki kristal dengan ukuran yang lebih halus (Taylor, 2005).

Batuan beku plutonik mempunyai kesarangan kurang dari 3% dan sebagian besar kurang dari 1% (Davis dan De Wiest,1966). Kesarangan dan kelulusan yang besar terbentuk melalui rekahan dan perubahan batuan karena pelapukan. Kelulusan sebagai akibat rekahan pada umumnya terjadi sekitar 10 m dan dalam beberapa kasus tertentu mencapai beberapa ratus meter dari muka tanah. Rekahan ini

disebabkan karena perubahan tektonik yang terjadi selama beberapa episode pada sejarah geologi batuan. Luas bukaan rekahan umumnya kurang dari 1 mm. Perbedaan kelulusan antara massa batuan dengan luas rekahan adalah puluhan milimeter.

Menurut Tolman (1937) dan Davis (1969), beberapa penyebaran batuan bisa terjadi peningkatan bukaan rekahan yang signifikan. Air yang masuk ke dalam rekahan batuan, membawa larutan silika. Tidak seperti batuan karbonat, larutan silika mempunyai residu yang tidak dapat terurai yang cenderung menyumbat pada rekahan.

Air tanah terdapat pada rekahan batuan yang terletak berdekatan dengan patahan dan sepanjang bukaan lipatan yang luas. Batuan itu sendiri umumnya tidak tembus air kecuali pada zona yang dipengaruhi oleh pelapukan. Sumber air kadang-kadang diperoleh dari hasil lapukan zona kedap air pada batuan induk (Clark, 1985; Jones, 1985 dalam Goodman, 1993). Lokasi sumber air tanah dapat diketahui dengan interpretasi foto udara pada permukaan rekahan yang umumnya akan ditunjukkan dengan kelurusan (Hazell et al., 1988 dalam Goodman, 1993).

Pada kenyataannya beberapa sumur pada sebagian kawasan rekahan dapat menghasilkan lebih dari 50 gpm (273 m^3/hr atau 3,16 liter/dtk) yang ditunjukan dengan tingginya keberadaan zona lulus air (Davis & De Wiest , 1966).

Studi geofisika dapat digunakan untuk menentukan aspek geologi yang tersembunyi, meskipun lokasi air tanah dapat ditemukan langsung. Metode seismik dan geolistrik lebih banyak digunakan dari pada metode magnetik pada area metamorf dan batuan beku plutonik.

5.8.3 Batuan Sedimen

Batuan sedimen merupakan material hasil rombakan dari batuan beku, batuan metamorf, dan batuan sedimen lain yang dibawa oleh aliran sungai kemudian diendapkan di tempat lain baik di darat maupun di laut, contoh batu pasir dan batu lempung. Endapan tersebut terkumpul di suatu tempat di mana saja dan mengalami proses pemadatan, konsolidasi, dan sementasi, yang akhirnya akan mengeras yang kemudian disebut dengan batuan sedimen (Goodman, 1993). Kebanyakan batuan sedimen terbentuk dari pecahan-pecahan batu yang tersusun menjadi lapisan-lapisan lalu mengeras dan membentuk batuan baru. Beberapa batuan sedimen terbentuk dari bahan organik atau mineral yang larut dalam air sebagai hasil proses kegiatan makhluk hidup, contohnya batu gamping hasil kegiatan terumbu karang di laut.

Menurut Verhoef (1994), batuan sedimen pada umumnya berupa butir-butir tersendiri mulai dari berukuran sangat halus hingga sangat kasar, seringkali terekat satu sama lain oleh massa antara (matriks), pasir lepas (tidak merekat), begitu juga butir yang mengendap dalam air (*sub aquatic*), atau di udara (*eolian*), karena biasanya butir-butir tersebut tidak berlapis.

Kesarangan batuan sedimen mengalami penurunan selama proses konsolidasi dan partikel-partikelnya menjadi semakin rapat. Sedangkan tekanan semakin bertambah selama proses konsolidasi (Bell, 2007).

Batuan sedimen merupakan kumpulan-kumpulan partikel dengan beberapa karakteristik tergantung letak partikel-partikelnya. Susunan partikel-partikel batuan sedimen tergantung konsep pemadatannya, yang mengacu pada besarnya kerapatan partikel (Bell, 2007).

Batuan sedimen yang mempunyai kelulusan tinggi karena butiran penyusunnya seragam dengan ukuran butir kasar dan berupa sedimen lepas dapat bertindak sebagai akuifer yang baik. Sebaliknya yang mempunyai ukuran butir halus sehingga pori-pori batuan sangat kecil, seperti lempung, bertindak sebagai lapisan perkedap atau akuiklud (*aquiclude*), meskipun jenuh air tetapi relatif kedap air yang tidak dapat melepaskan airnya. Di antara keduanya, ada jenis batuan sedimen, yang bertindak sebagai lapisan perlambat atau akuitar (*aquitard)*, bersifat jenuh air namun hanya sedikit lulus air, sehingga tidak dapat melepaskannya dalam jumlah berarti .

5.8.3.1 Batu Pasir

Batu pasir terbentuk dari material yang berukuran pasir yang diameternya mencapai 0,06-2 mm (Goodman, 1993). Batu pasir merupakan sedimen lepas dari butir mineral dan pecahan batuan. Butir itu biasanya tersusun dari kuarsa (Bell, 2007). Ada berbagai macam batu pasir yang warna dan teksturnya berasal dari bahan pengikat material itu. Batu pasir dapat terbentuk hampir di semua tempat, tetapi lebih sering terletak di dasar laut, dasar sungai, dan gurun.

Sekitar 25% dari batuan sedimen adalah batu pasir. Lingkungan pengendapan batu pasir antara lain daerah banjir, sepanjang garis pantai, delta, aeolian. Distribusi kelulusan batu pasir dapat diperoleh pada endapan yang terbentuk (Freeze dan Cherry, 1979).

Pada proses pengendapan, partikel-partikel halus pada sedimen cenderung mengisi ruang antar butir yang seragam. Ruangan yang berisi material halus dapat mengurangi kesarangan sedimen, sehingga dapat menurunkan kapasitas simpanan. Presipitasi kimia juga dapat menurunkan kesarangan. Penyebaran perkolasi yang melewati pasir sering membawa silika dan larutan kalsium yang signifikan dari lapisan di atasnya. Intrusi magma yang cukup panas dapat melarutkan sebagian butiran pasir, yang menyebabkan lapisan di atasnya tertekan dan mengisi ruang-ruang pori. Formasi batu pasir merupakan batuan yang penting untuk tampungan air tanah yang luas, sehingga merupakan akuifer yang baik.

Kesarangan batu pasir dipengaruhi ukuran butir, bentuk butir, dan tempat terbentuknya sedimen (Fetter, 1994). Pasir tak tahan terhadap pelapukan mempunyai kesarangan antara 30-50% (Freeze dan Cherry, 1979). Menurut Davis dan De Wiest (1966) kesarangan batu pasir berkisar kurang dari 5% dan paling tinggi sekitar 30%. Sebagian besar lubang-lubang pori berfungsi untuk menentukan jenis butiran-butiran, pemadatan dan derajat kepadatan. Kesarangan batu pasir biasanya lebih rendah karena adanya kepadatan dan material semen di antara butiran. Pada kondisi ekstrim kesarangan kurang dari 1% dan keterhantaran hidraulik batuan mendekati kurang lebih 10^{-10} m/dt. Sebagian besar material penyemenan adalah kuarsa, kalsit, dan mineral lempung. Kesarangan pemadatan dengan batu pasir dengan lempung cenderung menjadi sangat tinggi karena lempung sendiri mempunyai kesarangan yang tinggi. Pemadatan sangat penting pada kedalaman yang besar di mana suhu dan tekanan besar.

Menurut Davis dan De Wiest (1969) bahwa prosentase stratifikasi untuk skala kecil batu pasir memungkinkan kelulusan cenderung menjadi anisotropik yang seragam. Pasir dengan butir sedang mempunyai kelulusan antara 1000 dan 30.000 *millidarcys*, tetapi pada umumnya kelulusan kaitan batu pasir butir sedang 1-500 *millidarcys*. Efek yang menyolok dari stratifikasi kelulusan adalah bahwa kelulusan vertikal batu pasir efektif lebih rendah pada zona di mana kelulusan horisontal sangat tinggi. Pada dasarnya kelulusan menurut Piersol (1940) merupakan rata-rata dari kelulusan vertikal dan horisontal. Kelulusan yang besar cenderung terjadi pada arah horisontal. Pada lapisan batu pasir dan

kerikil merupakan akuifer penting yang bisa menghasilkan air dalam jumlah yang besar, sebagian besar merupakan rembesan dari aliran alluvial pada mulut lembah (Todd, 1959 & 1980).

Batu pasir yang mengalami pemadatan kuat dengan kesarangan dan kelulusan yang rendah dapat menghasilkan air bila dibuat sumur di sepanjang zona rekahan. Sebagian besar area ini dikembangkan sabagai sumber air tanah di sepanjang zona rekahan sampai pada zona lipatan. Sumber air tanah yang baik akan ditemukan pada lembah yang luas dan pada dataran tinggi dibanding puncak bukit dan lereng lembah (Davis dan De Wiest,1966).

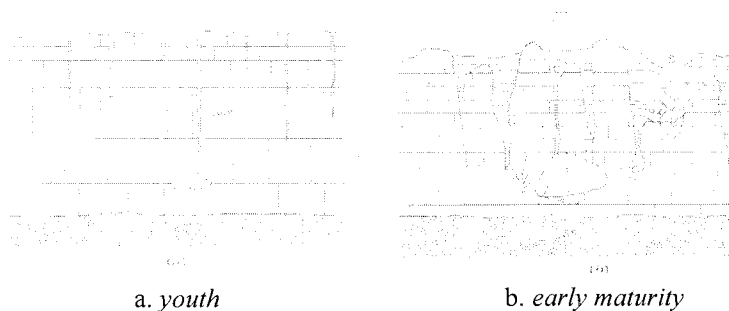
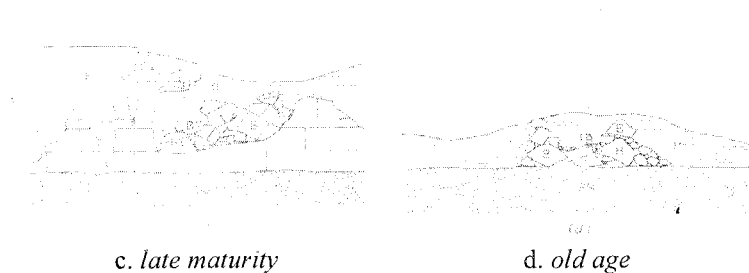
5.8.3.2 Batu gamping

Topografi karst adalah bentuk bentang alam tiga dimensional yang terbentuk akibat proses pelarutan lapisan batuan dasar, khususnya batuan karbonat seperti batu gamping, kalsit atau dolomit. Air yang meresap melalui rekahan dan kekar pada batu gamping, kemudian melarutkannya. Secara perlahan, rekahan itu menjadi semakin besar dan membentuk gua. Salah satu karakteristik dari kawasan batu gamping adalah dapat menjadi kawasan yang partikel-partikelnya mudah pecah dan terjadi penurunan atau amblesan tanah karena erosi tanah (Back et al., 1992).

Pertumbuhan tipologi karst terbagi atas masa muda, dewasa, dan tua. Pada masa muda, karst tidak begitu luas, dan drainase permukaan masih normal, kecuali pada aliran buangan yang hilang di bawah tanah dan mata air yang alirannya bertemu di permukaan. Pada masa dewasa karst ditandai dengan adanya sumuran dan terpisahnya sistem larian air tanah. Pada masa tua, karst mengalami peningkatan yang cepat dengan ditandai adanya endapan lempung yang mengandung kalsit dan dolomit (Goodman, 1993). Pertumbuhan tipologi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5-84. Bagian dari formasi gua pada atau di atas muka air menunjukkan larian permukaan yang terhubung pada sistem yang menerus dengan aliran gua.

Beberapa lokasi di Indonesia yang mempunyai kawasan karst yang berkembang antara lain: Gunung Kidul di P, Jawa, P. Madura, P. Bali, Maros di P. Sulawesi, bagian Kepala Burung P. Papua, serta pulau-pulau lainnya di perairan Indonesia Bagian Timur. Pertumbuhan tipologi Karst ditunjukkan dalam Gambar 5.84.

a. *youth* b. *early maturity*

c. *late maturity* d. *old age*

Gambar 5-84. Pertumbuhan Tipologi Karst (Goodman, 1993)

Batuan karbonat terdapat pada batu gamping dan dolomit yang terdiri dari mineral kalsit dan dolomit, dan sedikit lempung. Perubahan bentuk mineral disebabkan adanya peningkatan kesarangan dan kelulusan. Hal ini disebabkan karena molekul-molekul dolomit menempati sekitar kurang dari 13% dari kalsit. Kelulusan pada lapisan batu gamping tua utuh dan dolomit biasanya tidak lebih dari 10^{-7} m/det pada suhu permukaan (Freeze & Cherry, 1979).

Batu gamping yang memiliki sifat kerapatan, kesarangan, dan kelulusan yang tinggi tergantung waktu derajat konsolidasi dan perkembangan lajur kelulusannya setelah mengendap. Proses karstifikasi yang dikendalikan oleh rekahan, membentuk jaringan sungai bawah tanah. Akuifer yang terbentuk oleh proses tektonik dan pelarutan merupakan suatu akuifer produktif di kawasan karst. Aliran air tanah dalam sistem akuifer karst mengalir pada jaringan rekahan. Mata air dengan luah besar umumnya juga ditemukan pada batu gamping (Todd, 1959).

Lapisan batuan karbonat mempunyai kelulusan sekunder sebagai hasil dari pecahan atau bukaan lubang rekahan dan pelarutan lahan. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan tegangan dari penyebaran kalsit atau dolomit karena adanya sirkulasi air tanah. Lipatan vertikal yang melebar karena pelarutan yang dekat dengan permukaan cenderung terisi oleh lempung dari lapisan tanah di atasnya. Bukaan horisontal cenderung berkembang lebih baik dekat patahan, sehingga patahan vertikal pada permukaan sebaiknya digunakan sebagai lokasi pengeboran untuk mencari lokasi sumur dengan debit air besar (Davis dan De Wiest, 1966).

Batuan karbonat dengan rekahan vertikal dan bidang bukaan horisontal biasanya mempunyai kemungkinan lebih tinggi untuk menemukan bukaan horisontal daripada rekahan vertikal. Pada batu gamping, lokasi sumur pada dasar lembah lebih baik dari pada di daerah lereng lembah. Tampungan air pada perbatasan antara alluvium dan muka air dapat memberikan keuntungan. Sumur di bor pada daerah atas lebih berhasil dibanding pengeboran pada lereng bukit. Bukaan rekahan dan larutan sangat banyak sepanjang puncak antiklin sampai palung sinklinal, dan daerah sayap lipatan (Davis dan De Wiest, 1966).

5.8.4 Batuan Malihan (*Metamorf*)

Apabila batuan terkena oleh tekanan atau panas yang hebat, atau keduanya, batuan itu akan berubah menjadi batuan baru. Batuan yang telah berubah ini dinamakan batuan malihan (metamorfosis). Batuan metamorf dibagi mejadi dua yaitu, batuan malihan regional dan batuan malihan kontak (Taylor, 2005).

Batuan malihan regional, terbentuk ketika dua lempeng bumi bertumbukan dan membentuk gunung, batuan akan hancur, tertekan, serta terbakar oleh panas dan tekanan dari dalam bumi. Hal tersebut terjadi mencakup daerah yang luas dan batuan yang terbentuk dinamakan malihan regional. Batuan malihan regional umumnya mempunyai tampakan bergaris karena kristal penyusunnya berjajar di arah yang sama. Malihan regional akan mengubah serpih menjadi batu sabak (*slate*), batu sabak dan serpih menjadi sekis (*schist*), serta mengubah ketiganya menjadi genes (*gneiss*) (Taylor, 2005).

Batuan malihan kontak, ini terbentuk ketika batuan mengalami kontak (bersentuhan) dengan magma panas, batuan tersebut akan 'terpanggang' oleh panas dan berubah menjadi batuan baru. Semakin dekat batuan tersebut ke magma dan semakin besar jumlah magmanya, maka makin besar kemungkinan batuan itu berubah. Proses malihan kontak mengubah batu gamping menjadi marmer, batu pasir menjadi kuarsit, serta mengubah *mudstone* (batu dari tanah liat hitam) menjadi *hornfel* (Taylor, 2005).

Batuan metamorf merupakan tipe batuan yang mempunyai kesarangan (porositas) batuan yang sangat rendah karena adanya saling kunci antar kristal penyusun batuan (Davis, 1969 dalam Fetter 1994). Dua proses geologi, pelapukan kimiawi (menjadi dekomposisi) dan pelapukan mekanis (menjadi rekahan) dapat meningkatkan kesarangan batuan. Batuan pada kedalaman tertentu dapat retak karena ditekan oleh beban berat lapisan batuan yang terletak di atasnya. Gaya tektonik dapat menyebabkan lipatan dan patahan. Rekahan dapat meningkatkan kesarangan (porositas) batuan sekitar 2%-5% (Davis, 1969; Brace dkk., 1966 dalam Fetter, 1994). Batuan metamorf yang terpengaruh pelapukan mempunyai kesarangan sekitar 30%-60% (Stewart, 1964 dalam Fetter, 1994).

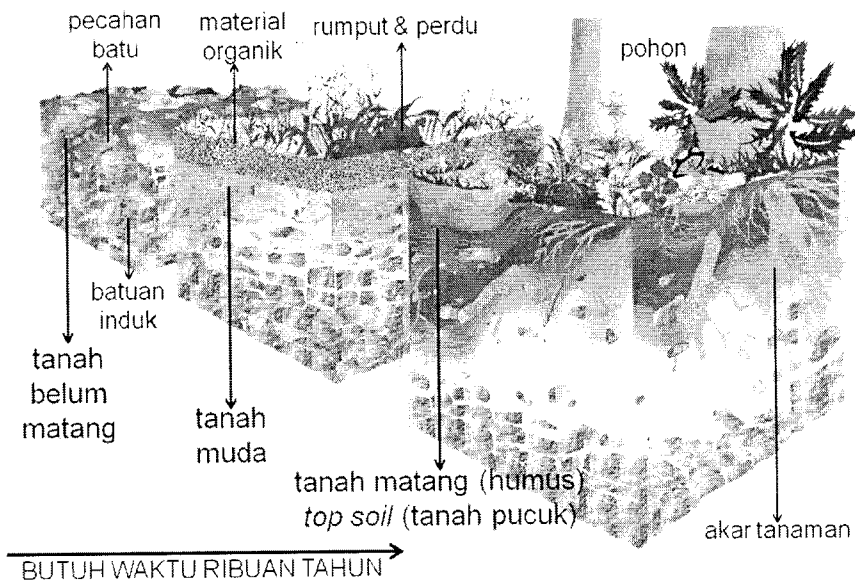
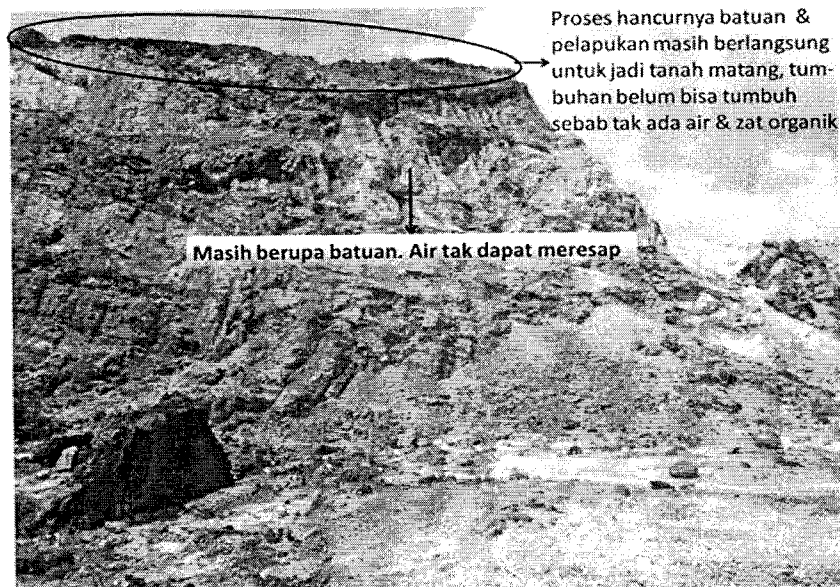
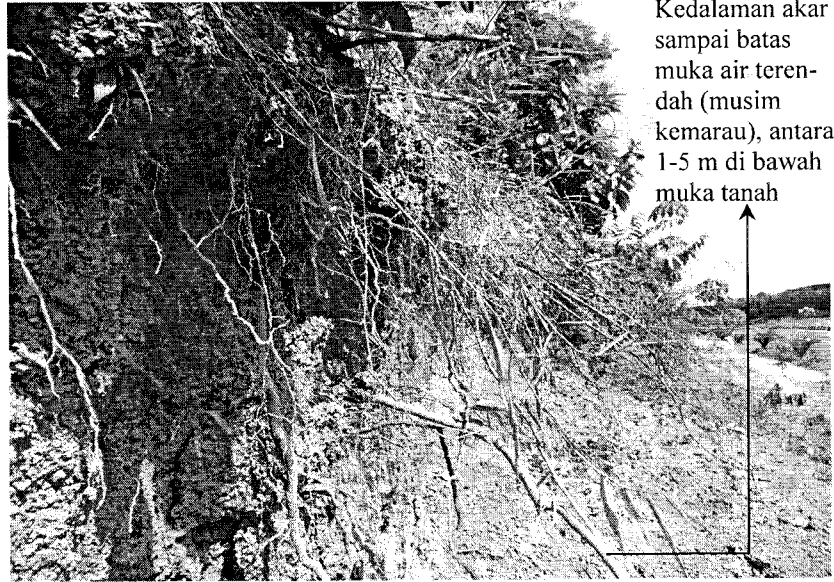
Batuan metamorf seperti halnya batuan beku, dalam bentuk pejal relatif tidak lulus air. Namun dengan adanya sistem rekahan batuan ini dapat bertindak sebagai akuifer, meski umumnya hanya dapat melepaskan airnya dalam jumlah yang tidak berarti. Rekahan ini baru bisa menjadi bersifat akuifer jika rekahan saling terhubungan dan ada sumber air. Pada batuan ini hanya dapat dikembangkan sumur dengan debit kecil (Todd, 1959).

Pada batuan ini jumlah air yang bisa dihasilkan dari sumur berkisar antara 1-50 gpm (5,5-275 m^3/hr atau 0.064 – 3.183 liter/dtk). Pada beberapa kasus, jumlah air yang dihasilkan bisa lebih sedikit, sehingga pemompaan dapat dilakukan berkali-kali. Meskipun demikian volume tersebut mencukupi untuk kebutuhan domestik (Driscoll, 1987).

5.8.5 Tanah (*Soil*)

Tanah (*soil*) merupakan lapisan tipis dan material bebas yang menutupi batu2-an di muka bumi. Produk dari hancurnya batu2-an & pembusukan zat organik selama lebih dari ratusan atau ribuan tahun.

Proses pembentukan tanah dimulai saat batuan induk pecah menjadi partikel mineral akibat pelapukan (*weathering*). Saat tanah mulai terbentuk, air mulai dapat meresap ke dalamnya. Dengan adanya tanah yang mengandung zat organik dan air, tumbuhan mulai tumbuh. Pelapukan terus berlangsung dan tahap berikutnya adalah terbentuknya tanah muda dengan lebih banyak tumbuhan & zat organik yang membusuk. Air semakin banyak dapat meresap. Pada proses akhir, mineral & zat organik bercampur membentuk tanah matang (Taylor, 2005).

Gambaran proses pembentukan tanah ditunjukkan dalam Gambar 5-85.

a. Proses pembentukan tanah dari batuan butuh waktu ribuan tahun

b. Proses pembentukan tanah (Kodoatie, 2009a)

c. Tanah sudah matang dan tumbuhan sudah ada (Kodoatie, 2009b)

Gambar 5-85. Proses pembentukan tanah dari batuan (Taylor, 2005; Kodoatie, 2009a &b)

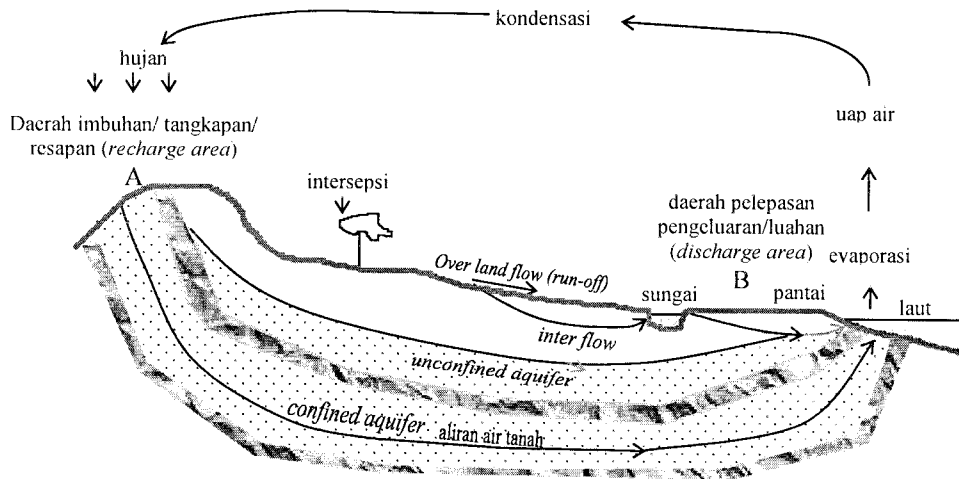
Sebagai catatan: tanah matang (humus) secara alami akan tererosi karena kondisi morfologi DAS dan faktor-faktor alam penyebab erosi (lihat Sub-Bab 5.3.7). Bila tanah matang (tanah pucuk) ini digali untuk kepentingan penambangan maka yang tertinggal adalah batuan (*rock*) dimana tanaman tak bisa tumbuh, menjadikan daerah tersebut tandus. Oleh karena itu perlu dilakukan konservasi tanah baik di lahan garapan (*cultivated land*) maupun di lahan hutan (DAS, 2000).

5.9 Aliran Air Tanah

5.9.1 Sistem Aliran Air Tanah

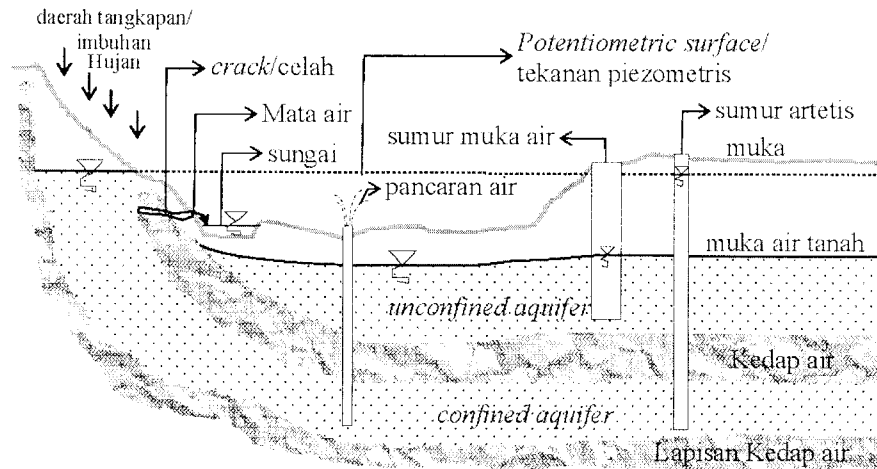
5.9.1.1 Daerah Tangkapan/Resapan/Imbuhan dan Daerah Pelepasan/Pengeluaran

Air tanah mengalir dari daerah yang lebih tinggi menuju ke daerah yang lebih rendah dan dengan akhir perjalanannya menuju ke laut.

Proses aliran air tanah dalam bentuk sederhana ditunjukkan dalam Gambar 5-86.

Catatan: Dari A sampai B → Cekungan Air Tanah (CAT) → lihat juga Sub-Bab 5.3

Gambar 5-86. Ilustrasi daerah tangkapan dan pengeluaran pada suatu daerah (Toth, 1990; Freeze & Cherry, 1979)

Dalam Gambar 5-85 daerah yang lebih tinggi merupakan daerah tangkapan/imbuhan atau pengisian (*recharge area*) dan daerah yang lebih rendah merupakan daerah pelepasan/luahan (*luber* dalam bahasa Jawa) atau pengeluaran (*discharge area*); pada ilustrasi di atas ditunjukkan daerah pelepasan berupa daerah pantai. Bisa saja terjadi daerah pelepasan ini bukan di daerah pantai tapi (misalnya) berupa lembah dengan suatu sistem aliran sung ai. Secara lebih spesifik daerah tangkapan didefinisikan sebagai bagian dari suatu daerah aliran (*watershed/ catchment area*) di mana aliran air tanah (yang *saturated)* menjauhi muka air tanah. Sedangkan daerah pengeluaran didefinisikan sebagai bagian dari suatu daerah aliran (*watershed/catchment area*) di mana aliran air tanah (yang *saturated)* menuju muka air tanah (Freeze dan Cherry, 1979). Biasanya di daerah tangkapan, muka air tanahnya terletak pada suatu kedalaman tertentu sedangkan muka air tanah daerah pengeluaran umumnya mendekati permukaan tanah, salah satu contohnya adalah pantai.

Gambar 5-87 menunjukkan aliran air tanah secara sederhana.

Gambar 9-87. Confined aquifer dan unconfined aquifer (Todd, 1959)

9.9.1.2 Parameter-Parameter Aliran Air Tanah

Menurut Freeze & Cherry (1979) dan Toth (1990) ada enam parameter sifat-sifat fisik dasar yang harus diketahui dalam menguraikan dan menjelaskan aliran tanah secara hidraulik. Parameter tersebut dapat dikategorikan menjadi dua kelompok yaitu:

- Untuk air: kerapatan air ρ, viskositas dinamik air μ dan kompresibilitas β
- Untuk media porous: permeabilitas k, kompresibilitas α dan porositas n

Parameter-parameter yang lainnya tentang sifat-sifat hidraulik aliran air tanah diuraikan dan dijabarkan dari enam parameter ini. Parameter-parameter tersebut ialah (Freeze & Cherry, 1979;Toth, 1990):

1. Tampungan Spesifik S_o (*Specific Storage*)
2. Storativitas S (*Storativity*)
3. Transmisivitas T (*Transmissivity*
4. Difusifitas (D)
5. Produk spesifik S_y (*Specific Yield*)

Parameter-parameter 1 sampai 4 untuk *confined aquifer* sedangkan parameter 5 untuk *unconfined aquifer*.

1. Tampungan Spesifik (*Specific Storage*) S_o

Definisi Tampungan Spesifik S_o (*Specific Storage*) ialah isi (*volume*) air yang keluar dari tampungan oleh satuan isi akuifer akibat satu unit penurunan dari ketinggian hidraulik (*hydraulic head*).

Persamaan untuk tampungan spesifik dapat ditulis:

$$S_o = \rho g(\alpha + n\beta)$$

Dimensi dari S_o adalah L^{-1} dengan jangkauan nilai 10^{-3} sampai 10^{-5} (0.001 sampai 0.00001)

2. Storativitas (S)

definisinya tampungan spesifik dikalikan tebal akuifer.

Dengan mengalikan Persamaan 3-1 dengan tebal akuifer b maka storativitas dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$S = \rho g b(\alpha + n\beta)$$

Storativitas merupakan angka tak berdimensi. Dengan melihat bahwa umumnya tebal akuifer antara 5 sampai 100 m maka nilai storativitas berkisar antara 0.005 sampai 0.00005.

3. Transmisifitas (T)

Transmisifitas didefinisikan sebagai besarnya konduktivitas hidraulik K dikalikan dengan tebal akuifer b, sehingga rumusnya ditulis:

$$T = K\,b$$

Dimensi dari T adalah L^2/T. Bila untuk pasir K = 10^{-3} m/detik dengan tebal akuifer 50 m maka besarnya T = 0.05 m2/detik.

4. Difusifitas (D)

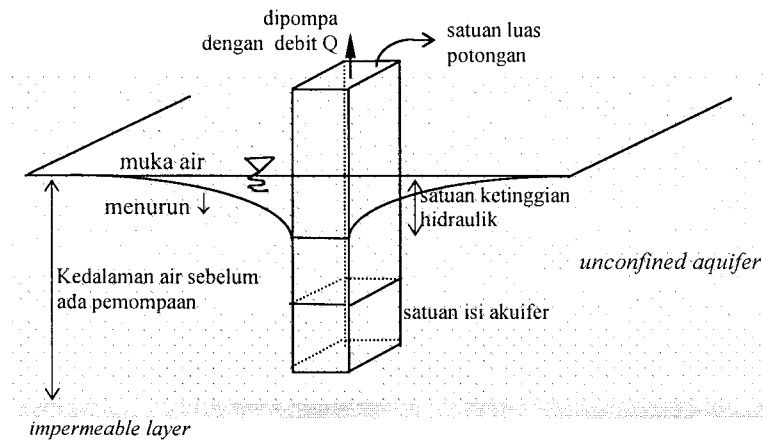
Formula untuk difusifitas (*diffusivity*) D adalah:

$$D = \frac{T}{S} = \frac{K}{S_0}$$

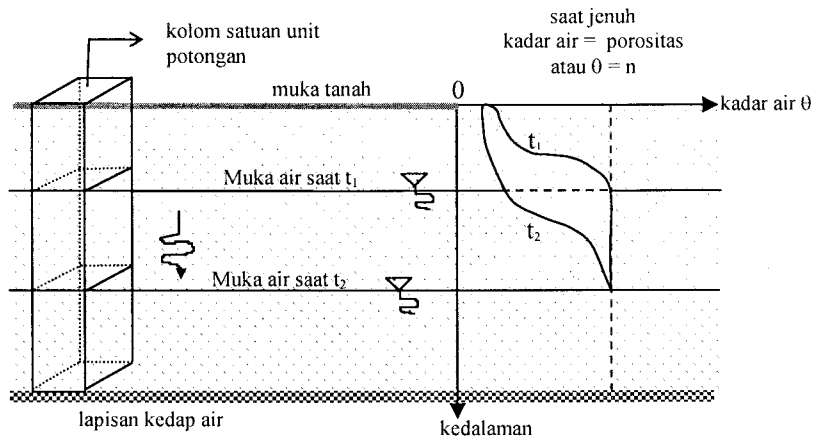
Tansmisifitas T dan storativitas S khususnya dipakai untuk analisis aliran air tanah dua dimensi pada *confined aquifer*. Bila persoalan air tanah lebih dominan dalam bentuk tiga dimensi maka disarankan untuk memakai hidraulik konduktivitas K, tampungan spesifiik S_0 atau pemakaian parameter porositas n, permeabilitas k dan kompresibilitas akuifer α.

5. Produk spesifik (*Specific Yield*) S_y

Parameter tampungan spesifik S_0 digunakan untuk akuifer yang dibatasi oleh dua lapisan kedap air seperti yang terjadi pada *confined aquifer*. Pada kondisi di mana lapisan kedap airnya hanya satu yaitu pada *uncofined aquifer* parameter tampungan dikenal dengan sebutan *specific yield* (S_y).

Definisinya ialah isi (*volume*) air yang keluar dari tampungan oleh satuan luas dari *unconfined aquifer* akibat satu unit penurunan dari muka air (*water table*). Secara skematis dapat dilihat pada Gambar 5-88 di bawah ini.

Gambar 5-88. Pengertian Specific Yield (Sy) secara skematis

Pengertian *Specific Yield* dapat juga dijelaskan berikut ini. Pada *unconfined aquifer*, muka air tanah berfungsi sebagai batas daerah jenuh air dan daerah tak jenuh air. Di daerah tak jenuh air kadar air θ merupakan perbandingan isi air dengan total isi material tanah dan selalu lebih kecil dari porositas n ($\theta \leq$ n). Pada muka air tanah dan di daerah jenuh air besarnya θ = n.

Gambar 5-89 menunjukkan letak muka air tanah dari waktu t_1 sampai t_2 serta profil hubungan kadar air dan kedalaman di daerah tak jenuh air pada waktu t_1 dan t_2.

Gambar 5-89. Specific Yield dilihat dari kadar air

Daerah yang diarsir (antara t_1 & t_2) menunjukkan jumlah volume air dikeluarkan dari simpanan dalam kolom satuan potongan unit. Bilamana turunnya muka air merupakan satuan unit penurunan maka daerah yang diarsir juga disebut *specific yield.*

Nilai S_y berkisar antara 0.01 - 0.03 jauh lebih besar dibandingkan S (0.005 sampai 0.00005). yaitu. Nilai S_y yang besar menunjukkan bahwa keluarnya air dari tampungan di *unconfined aquifer* merupakan *dewatering* langsung dari pori-pori tanah sedangkan keluarnya air dari tampungan di *confined aquifer* merupakan efek sekunder dari ekspansi air dan pemadatan akuifer yang disebabkan adanya perubahan tekanan fluida ($\rho g \Psi$). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa *unconfined aquifer* lebih efisien sebagai sumber air dibandingkan dengan *confined aquifer* (di satu CAT kapasitas akuifer bebas bisa mencapai lebih dari 30 kali akuifer tertekan). Untuk nilai debit yang sama hanya dibutuhkan ketinggian hidraulik yang lebih kecil.

Asumsi yang dipakai untuk persamaan aliran air tanah pada confined dan unconfined aquifers adalah seperti Tabel 5-22.

Tabel 5-22. Asumsi aliran pada beberapa kondisi (Kupper, 1990; Kodoatie, 1986)

No	*Unconfined*	No	Konsolidasi	No	Umum (*Confined*)
1	Air tidak termampatkan (ρ air = konstan)	1	Air tidak termampatkan (ρ air = konstan)	1	Air termampatkan (ρ air tidak konstan)
2	Butiran tanah tidak termampatkan	2	Butiran tanah tidak termampatkan	2	Butiran tanah termampatkan
3	Tanah tidak termampatkan	3	Tanah tidak termampatkan	3	Tanah termampatkan
4	Arah sumbu x dan y Rumus Darcy berlaku	4	Aliran air dari celah-celah butiran mengabaikan Hukum Darcy	4	Rumus Darcy berlaku
5	Ketinggian hidraulik (*total head*) besarnya sama untuk arah vertikal	5	K konstan karena deformasi kecil	5	K konstan
6	Persamaan Kontinuitas	6	Tanah dianggap elastis	6	Persamaan kontinuitas untuk air & padat
7	Asumsi Dupuit-Forch Heimer • aliran arah horizontal • gradien hidraulik sama dengan kemiringan permukaan bebas (muka air tanah) • aliran terdistribusi secara seragam dengan ketinggian hidraulik			7	Tanah dianggap elastis
	Kapasitas: 1				Kapasitas: 30

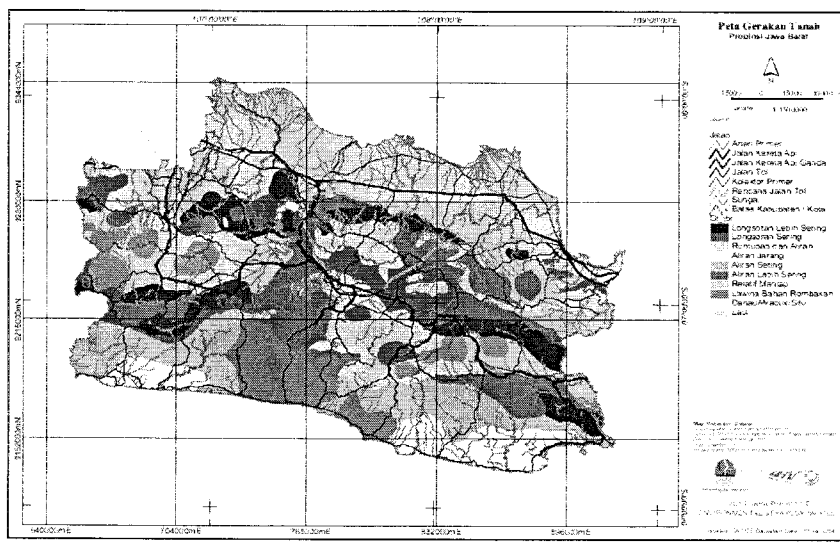
5.9.1.3 Lithologi, Stratigraphi dan Struktur

Kondisi alam dan distribusi akuifer, *aquilude* dan *aquitard* dalam sistem geologi dikendalikan oleh lithologi, stratigraphi (susunan dari lithologi) dan struktur (pola dari stratigraphi) dari material simpanan geologi dan formasi (Freeze dan Cheery, 1979).

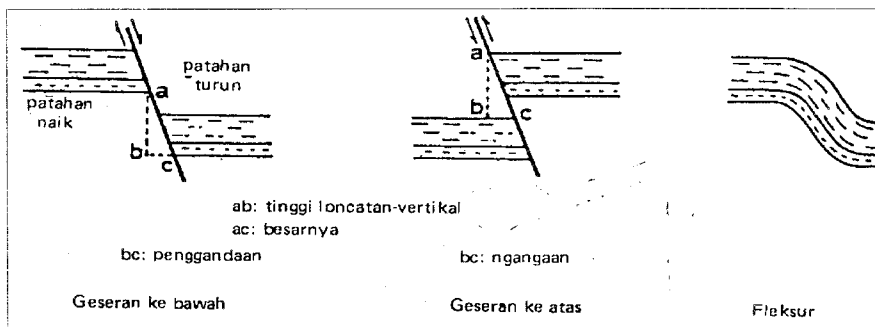
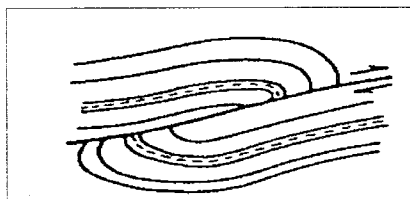
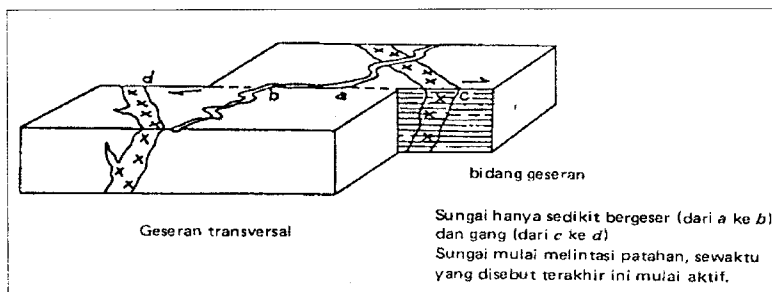
Selanjutnya dijelaskan lithologi (macam-macam kulit bumi) merupakan susunan phisik dari simpanan geologi. Susunan ini termasuk komposisi mineral, ukuran butiran dan kumpulan butiran (*grain packing*) yang terbentuk dari sedimentasi atau batuan yang menampilkan sistem geologi. Stratigraphi menjelaskan hubungan geometris dan umur antara macam-macam lensa, dasar dan formasi dalam geologi sistem dari asal terjadinya sedimentasi.

Bentuk struktur seperti: pecahan/belahan (*cleavages*), retakan (*fractures*), lipatan (*folds*) dan patahan (*faults*) dan jungkit (*tilt*) merupakan sifat-sifat geometrik dari sistem geologi yang dihasilkan oleh perubahan bentuk (*deformation*) akibat adanya proses penyimpanan (*deposition*) dan proses kristalisasi (*crystallization*) dari batuan. Pada simpanan yang belum terkonsolidasi (*unconsolidated deposits*) lithologi dan stratigraphi merupakan pengendali yang paling penting dan berpengaruh terhadap sumber

daya air baik air permukaan dan air tanah (Freeze dan Cheery, 1979; Schumm et al., 2000; Schumm, 2005).

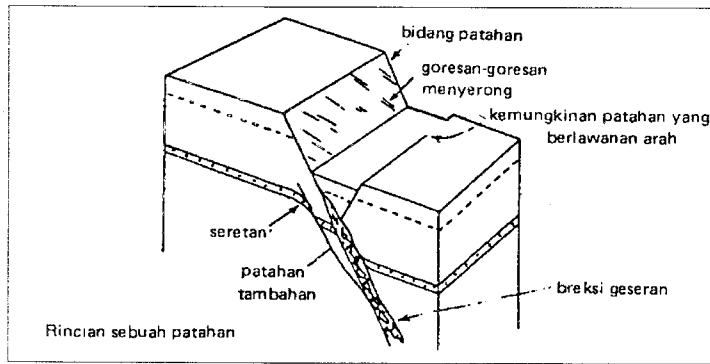
Bentuk struktur ini mempengaruhi gerakan tanah yang mengandung air di permukaan bumi dan bisa menimbulkan bencana tanah longsor. Gambar 5-90 menggambarkan gerakan tanah.

Gambar 5-90. Peta gerakan tanah (Bappeda Prov. Jawa Barat & WJPES Consultant, 2004)

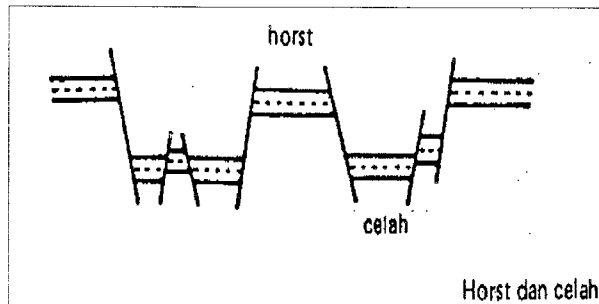
Pada umumnya sebuah patahan akan terjadi bila gaya geser maksimum telah dilampaui. Verhoef (1985) menjelaskan beberapa bentuk patahan sebagai berikut (Gambar 5-91):

1. Patahan yang bergeser turun (*normal fault*)
   Bidang patahan melerang ke sisi bongkah yang turun yang dibarengi dengan pemanjangan, seringkali berkaitan dengan regangan di kedalaman.
2. Geseran ke atas (*reverse fault*)
   Bidang patahan melerang ke sisi bongkah yang naik, lapisan-lapisan bergeser satu di atas yang lain, penggandaan, biasanya disebabkan oleh tekanan lateral.
3. Geseran saling melintas (*overthrust*)
   Pada umumnya sama dengan geseran ke atas, biasanya kemiringannya lebih kecil dan jumlah geserannya lebih besar. Sering kali berkaitan dengan penglipatan.
4. Patahan transversal (*transcurrent fault / wrench fault*)
   Bidang patahan berdiri vertikal, bongkah-bongkah saling bergeser secara horisontal dan transversal.
5. *Fleksur*
   Pembengkokan lapisan-lapisan di sela-sela bongkah yang naik dan bongkah yang turun, sering kali beralih menjadi patahan.

a. Patahan geseran ke bawah, geseran ke atas, dan fleksur

b. Patahan geseran saling melintas

c. Patahan geseran transversal

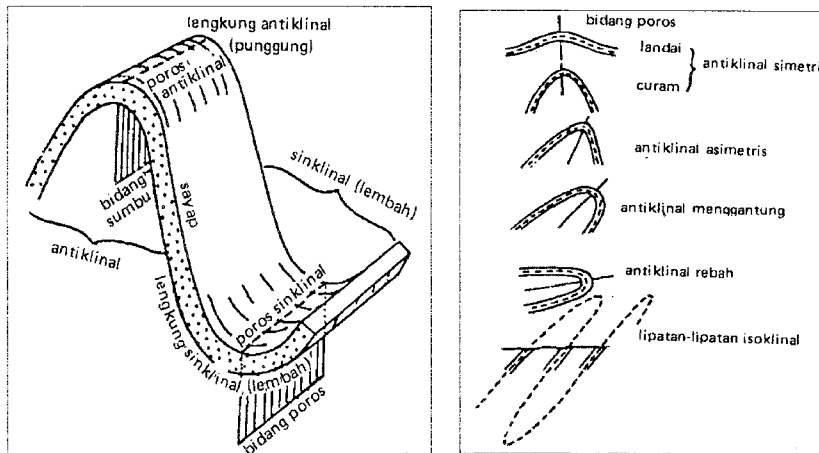
Gambar 5-91. Bentuk-bentuk patahan (Verhoef, 1985)

Gejala – gejala tambahan (Verhoef, 1985):

a. Ada kalanya goresan-goresan pada bidang patahan memberikan petunjuk tentang arah gerakan patahan tersebut (Gambar 5-92).
b. Breksi gesekan, batuan di dalam atau sepanjang bidang gerak telah patah, fragmen-fragmen bisa menjadi lebih kecil hingga akhirnya menyerbuk menjadi *milonit* (tepung batuan) yang kadang mendatangkan kesukaran dalam bidang sipil.
c. Seretan, yaitu pembengkokan lapisan-lapisan di bidang patahan, menunjukan arah dari geseran.
d. Patahan tambahan, yaitu patahan-patahan kecil yang mempunyai kaitan dengan patahan utama, sejajar dengannya atau bercabang.

Gambar 5-92. Gejala-gejala yang terjadi pada bidang patahan (Verhoef, 1985)

Kombinasi dari beberapa patahan memperlihatkan bongkah yang bergeser ke bawah antara dua patahan. Bongkah yang menyembul antara dua bongkah yang bergeser ke bawah disebut *horst*. Contoh celah antara lain: patahan San Andreas, Teluk Suez, Laut Merah, Laut Mati, Lembah Rhine-Atas seperti ditunjukkan dalam Gambar 5-93.

Gambar 5-93. Geseran yang terjadi pada patahan San Andres, California (Verhoef, 1985)

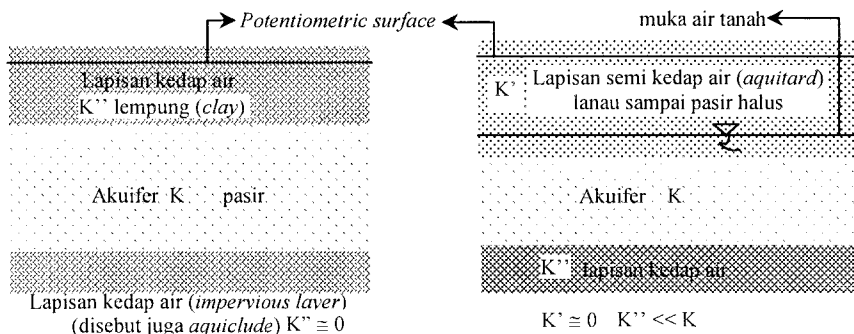
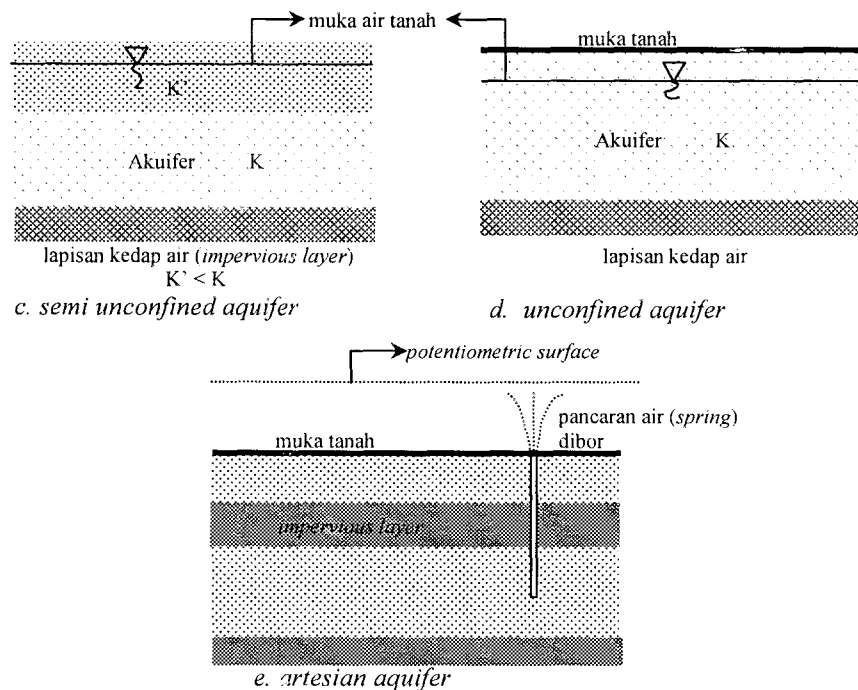
5.9.1.4 Lipatan

Suatu lipatan mempunyai antiklinal, sinklinal, poros, bidang poros, sayap Gambar 5-94a. Untuk pemberian nama berbagai bentuk lipatan, seperti pada Gambar 5-94b, lipatan asimetrik, lipatan simetrik, lipatan menggantung, lipatan rebah, dan lipatan isoklinal. Bentuk lipatan tergantung dari sifat batuan dan perbedaan viskositas dari berbagai lapisan batuan yang terletak saling berbatasan (Verhoef, 1985).

a. Istilah2 pada sebuah lipatan simetris b. Bentuk2 lipatan profil melintang

Gambar 5-94. Beberapa bentuk profil lipatan (Verhoef, 1985).

5.9.1.5 Akuifer

Definisi akuifer ialah suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang lulus air baik yang terkonsolidasi (misalnya batu pasir) maupun yang tidak terkonsolidasi (pasir lepas) dengan kondisi jenuh air dan mempunyai suatu besaran keterhantaran hidraulik (K) sehingga dapat membawa air (atau air dapat diambil) dalam jumlah yang ekonomis (Kodoatie, 1996).

Jenis-jenis akuifer secara sederhana diilustrasikan dalam Gambar 5-95 berikut ini.

a. Confined aquifer *b. Semi confined aquifer*

Keterangan: K, K' dan K" adalah konduktivitas hidraulik dari akuifer

Gambar 5-95. Ilustrasi definisi sistem akuifer (Toth, 1990; Kodoatie, 1996)

5.9.1.5.1 Beberapa Macam Unconfined Aquifer

Unconfined aquifer merupakan akuifer dengan hanya satu lapisan pembatas yang kedap air (di bagian bawahnya). Ketinggian hidraulik sama dengan ketinggian muka airnya. Dari sistem terbentuknya dan lokasinya jenis akuifer ini ada beberapa macam yaitu:

5.9.1.5.2 Akuifer Lembah (Valley Aquifers)

Merupakan akuifer yang ada pada suatu lembah dengan sungai sebagai batas (*inlet* atau *outlet*nya). Jenis ini dapat dibedakan berdasarkan lokasinya yaitu di daerah yang banyak curah hujannya (*humid zone*), seperti di Indonesia misalnya. Pengisian air terjadi pada seluruh areal dari akuifer melalui infiltrasi. Sungai-sungai yang ada di akuifer ini diisi airnya (*recharge*) melalui daerah-daerah yang mempunyai ketinggian yang sama dengan ketinggian sungai.

Pada ilmu hidrologi pengisian yang menimbulkan aliran ini dikenal dengan sebutan aliran dasar (*base flow*). Hal ini merupakan indikator bahwa walaupun dalam keadaan tidak ada hujan (musim kemarau), pada sungai-sungai tertentu masih ada aliran airnya. Di samping itu akibat adanya *recharge* juga merupakan salah satu faktor penyebab suatu sungai berkembang dari penampang yang kecil di sebelah bagian hulunya.menjadi penampang yang besar di sebelah bagian hilirnya (mendekati laut).

Pada daerah gersang (*arid zone*) di mana curah hujannya sedikit, kurang dari 500 mm pertahun, dan lebih kecil dari penguapan/evatransportasi phenomenanya merupakan kebalikan dari daerah *humid*. Karena pengisian (infiltrasi) ke akuifer tidak ada akibat sedikitnya curah hujan, maka pengisian adalah dari sungai ke akuifer. Pada umumnya aliran pada akuifer adalah pada arah yang sama dengan aliran sungai.

Masalah yang terjadi pada umumnya:

- permeabilitas besar dari sungai terutama di bagian dasarnya, semakin besar permeabilitasnya aliran sungai semakin kecil karena aliran akan meresap kedalam tanah.
- pada daerah rendah timbul masalah salinitas yang cukup besar, karena aliran air tanah mengubah komposisi kimia makin ke hilir mendekati unsur kimia air laut misalnya NaCl (Chebotarev, 1955 dan Toth, 1963).

Secara skematis akuifer ini diilustrasikan seperti Gambar 5-96.

a. di daerah yang banyak hujannya (*humid zone*)

Hujan sedikit
muka tanah
infiltrasi
sungai
Muka air tanah
Sungai mengisi
air tanah

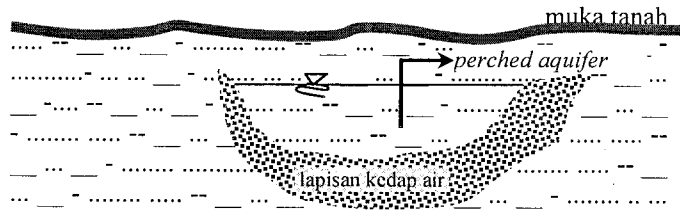
b. di daerah gersang (*arid zones*)

Catatan (dari Gambar 5-96): terkait dengan air tanah, identifikasi daerah imbuhan dan lepasan dapat ditentukan berdasarkan sifat aliran air sungai. Daerah imbuhan ditandai dengan sungai yang sebagian alirannya memasok air tanah di bawahnya. Atau dikatakan bahwa air sungai kehilangan sebagian alirannya yang masuk ke dalam sistem air tanah. Sungai yang demikian disebut sebagai sungai merugi (*influent stream*). Sungai yang mengalir melalui daerah lepasan alirannya mendapatkan tambahan dari air tanah di bawahnya (*base flow*) disebut sungai melaba (*effluent stream*) (Freeze dan Cherry, 1979).

Gambar 5-96. Ilustrasi valley aquifer di daerah humid dan arid

5.9.1.5.3 Perched Aquifers

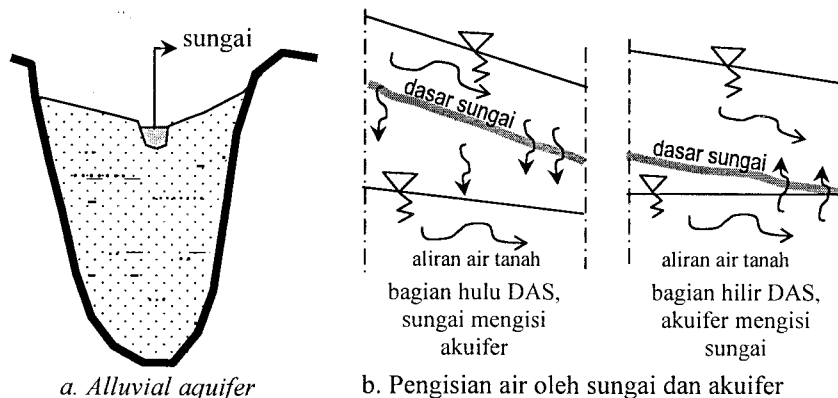
Merupakan akuifer yang terletak di atas suatu lapisan formasi geologi kedap air. Biasanya terletak bebas di suatu struktur tanah dan tidak berhubungan dengan sungai. Kadang-kadang bilamana lapisan di bawahnya tidak murni kedap air namun berupa *aquitards* bisa memberikan distribusi air pada akuifer di bawahnya.

Kapasitasnya tergantung dari pengisian air dari sekitarnya dan juga luasnya lapisan geologi yang kedap air itu. Gambar 5-97 menunjukkan contoh salah satu bentuk akuifer.

Gambar 5-97. Sketsa suatu perched aquifer

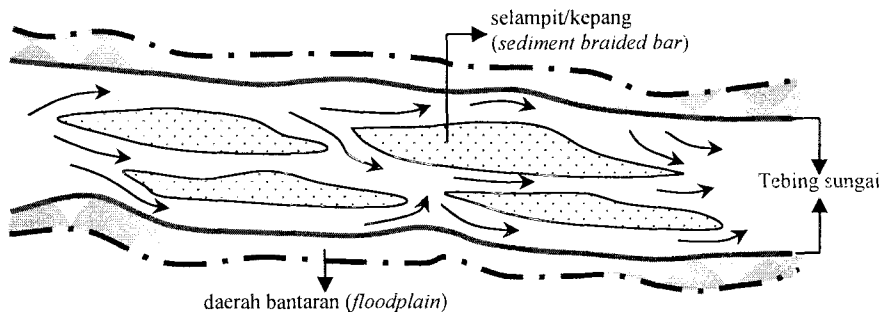
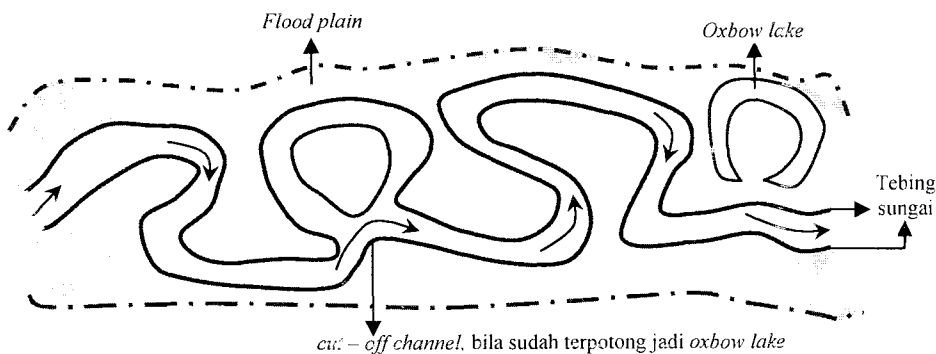
5.9.1.5.4 Alluvial Aquifers

Alluvial deposits merupakan material yang terjadi akibat proses fisik di sepanjang daerah aliran sungai atau daerah genangan (*flood plains*). Akibat pergeseran sungai dan perubahan kecepatan penyimpanan yang sebelumnya pernah terjadi (sejarah) maka simpanan ini berisi material tanah yang beragam dan heterogen dalam distribusi sifat-sifat hidrauliknya. Dalam klasifikasi tanah sering disebut *well graded.*

Akibatnya kapasitas air di akuifer ini menjadi besar dan umumnya volume air tanahnya seimbang (*equillibrium*) dengan air yang ada di sungai (Gambar 5-98a). Akuifer ini membantu pengaturan rezim aliran sungai. Sehingga boleh dikatakan di setiap daerah dengan akuifer jenis ini, akuifer ini merupakan sumber yang penting untuk suplai air.

Di daerah hulu DAS umumnya air sungai meresap ke tanah (infiltrasi) dan mengisi akuifer ini (*recharge*) seperti ditunjukkan dalam Gambar 5-98b. Sedangkan di bagian hilir karena muka air tanah di akuifer relatip lebih tinggi dibandingkan dengan dasar sungai, akuifer mengisi sungai terutama pada musim kemarau saat di sungai tidak ada aliran sungai. Pengisian ini menimbulkan aliran dasar (*base flow*) di sungai sepanjang tahun, walaupun pada musim kemarau tidak terjadi hujan di daerah aliran sungai (DAS). Ditinjau dari kuantitas kandungan air yang dimilikinya, maka akuifer ini merupakan akuifer yang paling baik dibandingkan dengan akuifer jenis lain.

Gambar 5-98. Sketsa suatu alluvial aquifer dengan sungai di atasnya.

Menurut Frezze dan Cherry (1979), dilihat dari terbentuknya sedimen, maka ada dua jenis sungai, yaitu: sungai-sungai berbentuk selampit (*braided rivers*) dan sungai-sungai bermeander. Sungai-sungai berbentuk selampit umumnya terjadi di bagian hulu daerah aliran sungai, di mana sedimen yang terbawa aliran air berupa butiran pasir kasar dan kerikil serta kecepatan arusnya tinggi karena kemiringan dasar sungainya yang curam (Gambar 5-99a). Hal ini bisa dilihat pada sungai-sungai di daerah pegunungan yang mempunyai kemiringan sungai cukup tinggi sehingga kecepatan air relatif besar. Pergeseran posisi saluran dan perubahan kecepatan sungai mengakibatkan terjadinya simpanan material dasar sungai (*bed material load*) berupa pasir dan kerikil dengan zona-zona kecil berisi dengan lanau dan lempung.

Sedangkan sungai yang ber*meander* yaitu sungai yang berlekuk-lekuk (Gambar 5-99b), biasanya terletak di bagian hilir daerah aliran sungai dengan kemiringan dasar sungainya cukup landai. Daerah ini juga mempunyai simpanan pasir halus dan kerikil, tetapi kuantitasnya jauh lebih sedikit. Pada tipe sungai-sungai ini kandungan sedimennya didominasi oleh lanau dan lempung. Kemiringan dasarnya relaitif datar dengan kecepatan yang lebih lambat dibandingkan dengan sungai-sungai berselampit. Kadang-kadang karena lambatnya kecepatan di suatu tempat aliran sungai terjadi perpotongan sungai (*cut-off channel*).

a. *braided river*: dominasi pasir dan kerikil (*floodplain*) di daerah hulu

b. *meandering river*: dominasi sedimen lanau dan lempung di daerah hilir

Gambar 5-99. Braided river dan meandering river pada alluvial aquifer (Freeze & Cherry, 1977; Kodoatie, 1996)

Sebagai catatan karena adanya deformasi permukaan bumi akibat dari beberapa hal (diantaranya adanya gerakan tektonik) seperti telah diuraikan dalam Sub-Bab 5.7.6 maka meander juga bisa terjadi di daerah hulu dengan kemiringan yang cukup curam. Di Sumatra, Jawa, Sulawesi dan Papua, ada cukup banyak sungai bermeander di daerah hulu, terutama di daerah Non-CAT (Lihat Sub-Bab 5.7.7 dan Sub-Bab 5.10.2).

5.9.2 Pengelolaan Air Tanah Menurut PP No 43 Tahun 2008

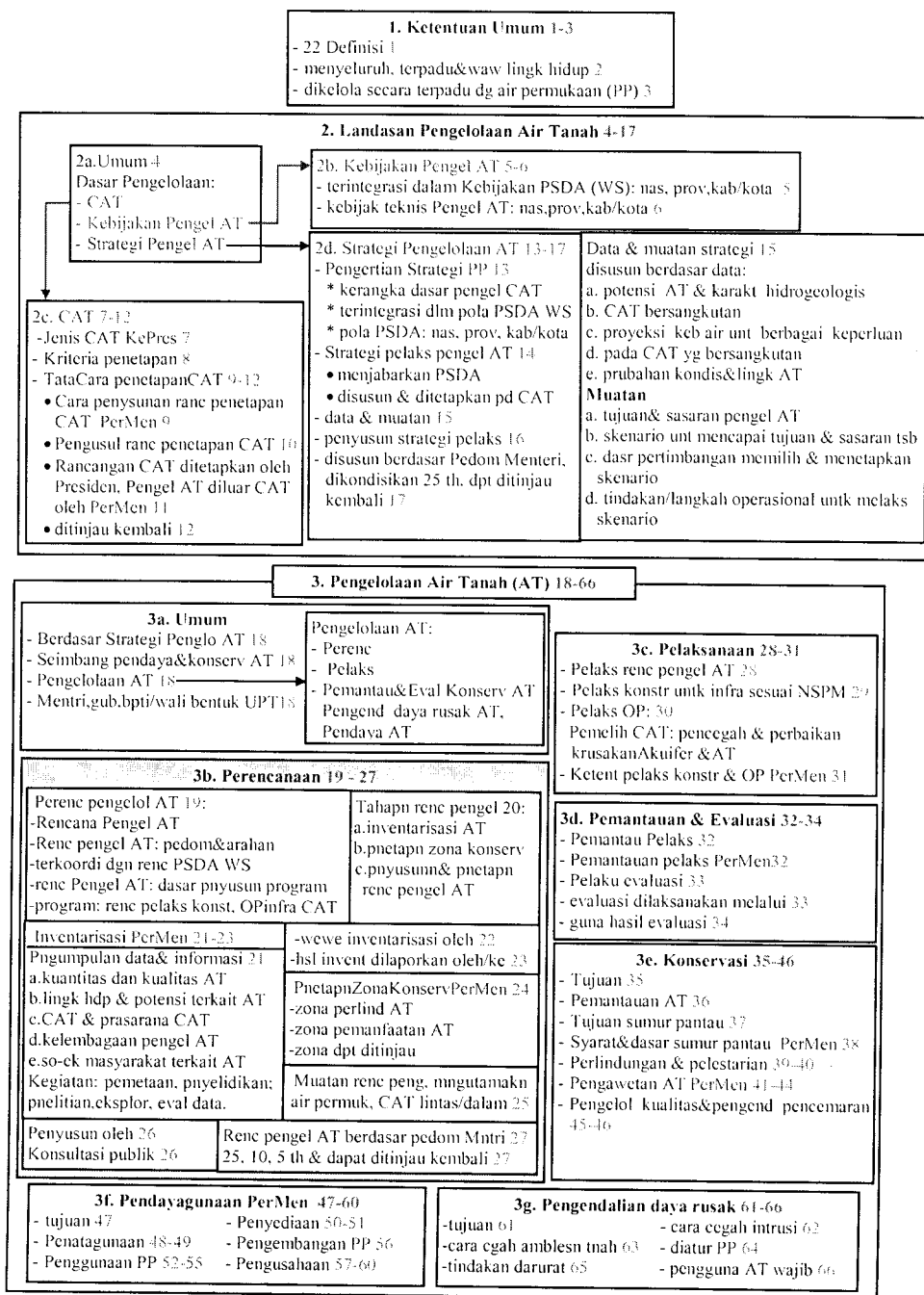
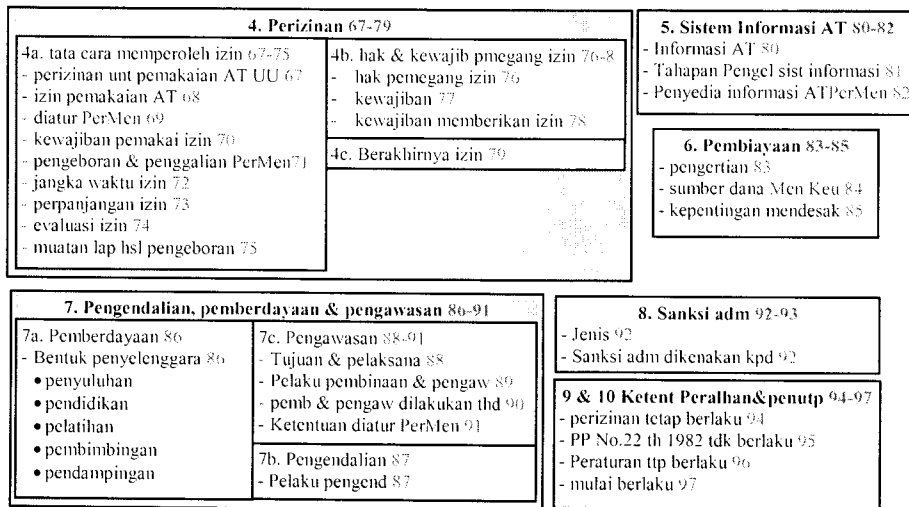
Peraturan Pemerintah RI No.43 Tahun 2008 tentang air tanah merupakan pengganti Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 1982 tentang Tata Pengaturan Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1982 Nomor 37, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3225), yang terdiri atas 10 Bab dengan 97 Pasal. Secara garis besar PP ini ditunjukan pada tabel berikut.

Tabel 5-23. Garis besar PP No.43 Tahun 2008

Bab	Uraian Bab dan Bagian	Paragraf	Pasal	Penjelasan
I	**Ketentuan Umum**		1,2	
			3	Ada
II	**Landasan Pengelolaan AT**			
	Bagian Kesatu	Umum	4	-
	Bagian Kedua	Kebijakan Pengelolaan AT	5	Ada
			6	-
	Bagian Ketiga	Cekungan Air Tanah		
		Paragraf 1 Umum	7	-
		Paragraf 2 Kriteria CAT	8	Ada
		Paragraf 3 Tata cara penetapan CAT	9	Ada
			10	
			11,12	Ada
	Bagian Keempat	Strategi pengelolaan Air Tanah	13	Ada
			14,15	-
			16,17	Ada
III	**Pengelolaan AT**			
	Bagian Kesatu	Umum	18	Ada
	Bagian Kedua	Perencanaan		
		Paragraf 1 Umum	19-20	-
		Paragraf 2 Inventarisasi	21-22	Ada
			23	-
		Para 3 Pnetapn Zona Konse	24	Ada
		Paragraf 4 Penyusunan & pnetapn renc pengelolanAT	25,26	-
			27	Ada
	Bagian Ketiga	Pelaksanaan	28,29	Ada
			30,31	-
	Bagian Keempat	Pemantauan dan Evaluasi	32	Ada
			33,34	-

	Bagian Kelima	Konservasi		
		Paragraf 1 Umum	35	-
			36	Ada
			37	-
			38	Ada
		Paragraf 2 Perlind&pelesta	39,40	Ada
		Paragraf 3 Pengawetan AT	41-43	-
			44	Ada
		Paragraf 4 Pengelolakualits & pengendal pencemaran	45-46	Ada
	Bagian Keenam	Pendayagunaan		
		Paragraf 1 Umum	47	-
		Paragraf 2 Penatagunaan	48	Ada
			49	-
		Paragraf 3 Penyediaan	50	Ada
			51	-
		Paragraf 4 Penggunaan	52-54	Ada
			55	-
		Paragraf 5 Pengembangan	56	Ada
		Paragraf 6 Pengusahaan	57-59	Ada
			60	-
	Bagian Ketujuh	Pengendalian daya rusak	61-62	Ada
			63,64	-
			65	Ada
			66	-
IV	**Perizinan**			
	Bagian Kesatu	Tata cara memperoleh izin	67-68	Ada
			69	-
			70	Ada
			71-73	-
			74,75	Ada
	Bagian Kedua	Hak dan kewajiban pemegang izin	76	-
			77,78	Ada
	Bagian Ketiga	Berakhirnya izin	79	Ada
V	**Sistem Informasi Air Tanah**		80	Ada
			81,82	-

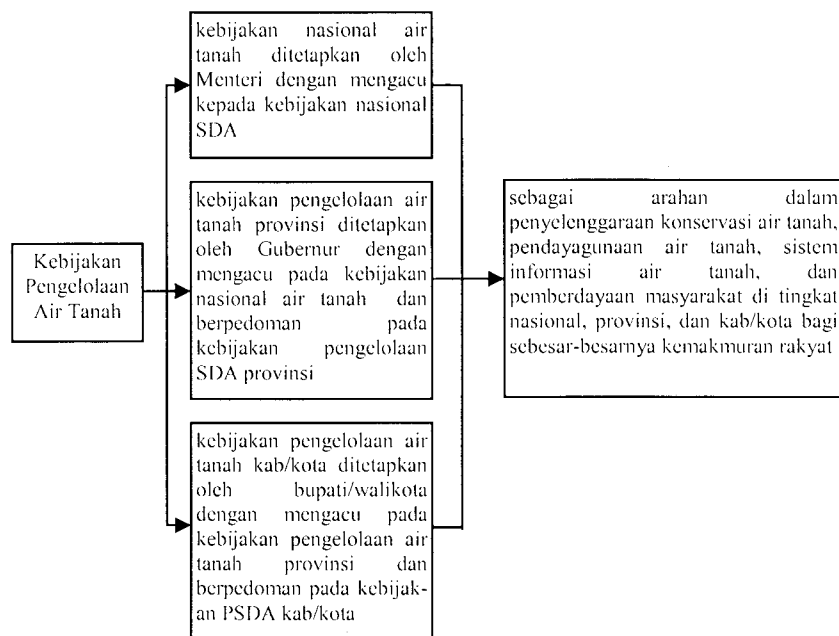
VI	**Pembiayaan**		83-85	Ada
VII	**Pemberdayaan, Pengendalian dan Pengawasan**			
	Bagian Kesatu	Pemberdayaan	86	Ada
	Bagian Kedua	Pengendalian	87	Ada
	Bagian Ketiga	Pengawasan	88	Ada
			89	-
			90	Ada
			91	-
VIII	**Sanksi Administratif**		92,93	-
IX	**Ketentuan Peralihan**		94	-
X	**Ketentuan Penutup**		95-97	-
	Penjelasan	I. Umum II. Pasal demi pasal		

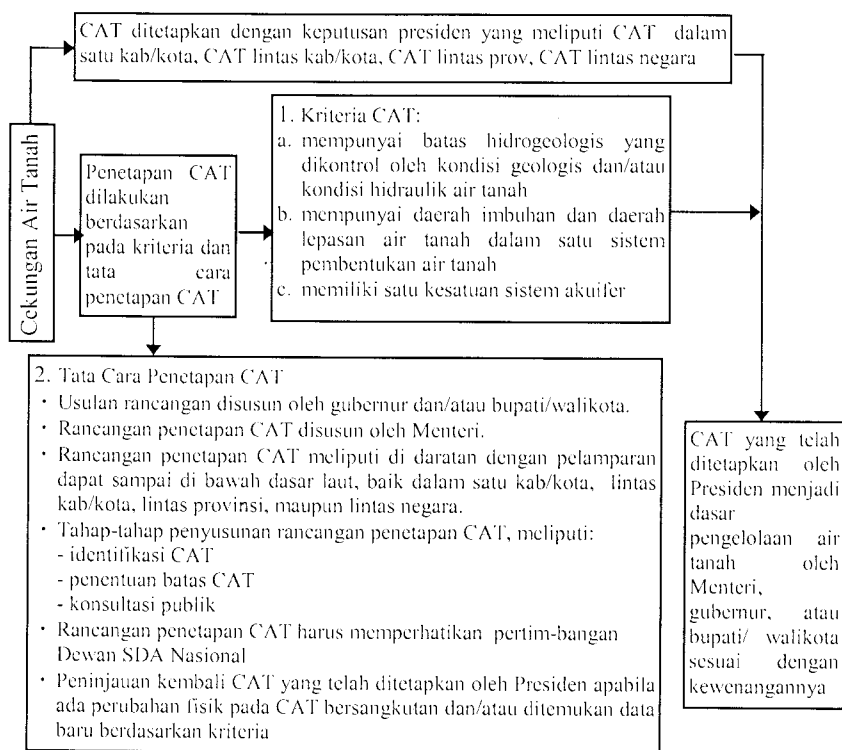
Secara ringkas PP No 43 Tahun 2008 diilustrasikan dalam diagram Gambar 5-100.

a. Ketentuan umum, landasan dan pengelolaan air tanah

b. Perizinan, sistem informasi, pengendalian, pemberdayaan & pengawasan, sanksi administrasi, ketentuan peralihan dan penutup

Catatan: Angka di depan uraian No Bab dan angka di belakang uraian No Pasal

Gambar 5-100. Diagram ringkasan PP No 43 Tahun 2008 Tentang Air Tanah

Landasan pengelolaan air tanah adalah kebijakan pengelolaan air tanah dan strategi pengelolaan air tanah. Kebijakan pengelolaan air tanah merupakan keputusan yang bersifat mendasar untuk mencapai tujuan, melakukan kegiatan, atau mengatasi masalah tertentu yang dilakukan oleh instansi yang berwenang dalam rangka penyelenggaraan tugas pemerintahan di bidang air tanah pada CAT.

Pihak-pihak yang menentukan kebijakan pengelolaan air tanah ditunjukkan dalam Gambar 5-101.

Gambar 5-101. Pihak-pihak yang menetapkan pengelolaan air tanah dan tujuan kebijakan pengelolaan air tanah

Pengelolaan air tanah didasarkan pada cekungan air tanah/CAT (Ayat (2) Pasal 12 UU No 7 Tahun 2004). Kriteria dan tata cara penetapan cekungan air tanah ditunjukkan dalam Gambar 5-102.

Gambar 5-102. Kriteria dan tata cara penetapan cekungan air tanah

Yang dimaksud dengan "batas hidrogeologis" adalah batas fisik wilayah pengelolaan air tanah.

Batas hidrogeologis dapat berupa batas antara batuan lulus dan tidak lulus air, batas pemisah air tanah, dan batas yang terbentuk oleh struktur geologi meliputi antara lain kemiringan lapisan batuan, lipatan, patahan.

Daerah imbuhan air tanah merupakan kawasan lindung air tanah, di daerah ini air tanah tidak untuk didayagunakan, sementara daerah lepasan air tanah secara umum dapat didayagunakan

Yang dimaksud dengan "sistem akuifer" adalah kesatuan susunan akuifer, termasuk lapisan batuan kedap air yang berada di dalamnya. Akuifer dapat berada pada kondisi tidak tertekan (*unconfined*) dan/atau tertekan (*confined*).

Identifikasi Cekungan Air Tanah antara lain meliputi kegiatan survei dan evaluasi data hidrogeologi.

Penentuan batas Cekungan Air Tanah antara lain meliputi kegiatan deliniasi batas Cekungan Air Tanah, pembuatan legenda Cekungan Air Tanah, penamaan Cekungan Air Tanah dan penentuan geometri.

Perubahan fisik Cekungan Air Tanah dapat berupa antara lain perubahan batas Cekungan Air Tanah dan perubahan batas administrasi pemerintahan.

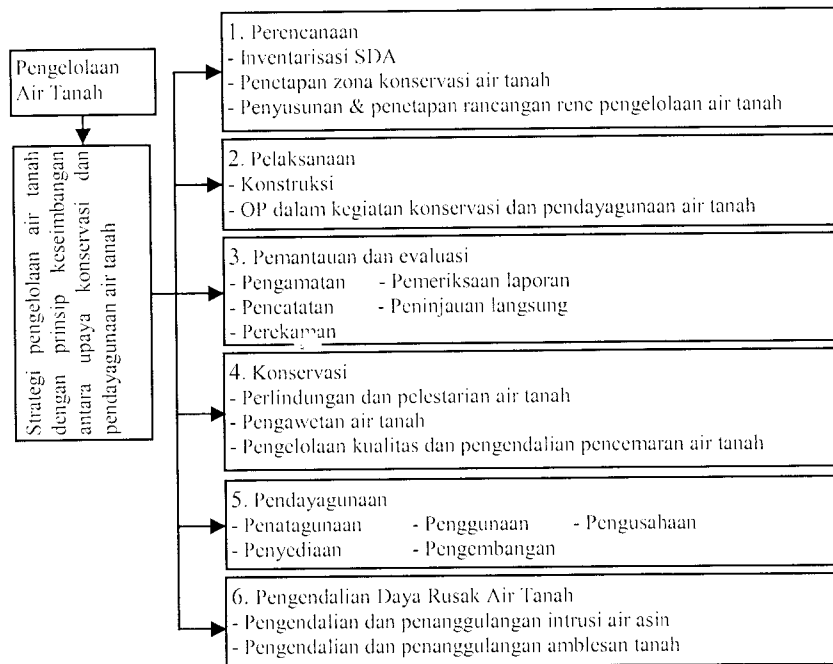
Strategi pengelolaan air tanah terdiri atas:

a. Perencanaan
b. Pelaksanaan
c. Pemantauan
d. Evaluasi kegiatan konservasi air tanah
e. Pendayagunaan air tanah
f. Pengendalian daya rusak air tanah

Secara lebih detail strategi pengelolaan air tanah ditunjukkan dalam gambar 5-103 berikut.

a. Strategi pengelolaan air tanah

<table>
<tr><td colspan="2">Strategi Pengelolaan Air Tanah</td></tr>
<tr><td colspan="2">Strategi pengelolaan air merupakan kerangka dasar dalam merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi kegiatan konservasi air tanah, pendayagunaan air tanah, dan pengendalian daya rusak air tanah pada cekungan air tanah yang disusun dan ditetapkan secara terintegrasi dalam PSDA pada WS</td></tr>
<tr><td>Data & informasi strategi pengelolaan air tanah
a. potensi air tanah dan karakteristik hidrogeologis cekungan air tanah yang bersangkutan
b. proyeksi kebutuhan air untuk berbagai keperluan pada cekungan air tanah yang bersangkutan
c. perubahan kondisi dan lingkungan air tanah</td><td>Isi strategi pengelolaan air tanah:
1. tujuan dan sasaran pengelolaan air tanah pada cekungan air tanah yang bersangkutan
2. skenario yang dipilih untuk mencapai tujuan dan sasaran pengelolaan air tanah
3. dasar pertimbangan yang digunakan dalam memilih dan menetapkan skenario
4. tindakan atau langkah-langkah operasional untuk melaksanakan skenario pengelolaan air tanah.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Penyusunan dan Penetapan Strategi Pengelolaan Air Tanah</td></tr>
<tr><td>Penyusunan dan penetapan strategi pengelolaan air tanah:
1. Menteri menyusun dan menetapkan strategi pengelolaan air tanah pada CAT lintas provinsi atau CAT lintas negara berdasarkan kebijakan nasional air tanah dengan mengacu pada PSDA pada WS yang bersangkutan.
2. Gubernur menyusun dan menetapkan strategi pengelolaan air tanah pada CAT lintas kabupaten/kota berdasarkan kebijakan pengelolaan air tanah provinsi dan mengacu pada PSDA pada WS yang bersangkutan.
3. Bupati/walikota menyusun dan menetapkan strategi pengelolaan air tanah pada CAT dalam satu kab/kota berdasarkan kebijakan pengelolaan air tanah kabupaten/kota dan mengacu pada PSDA pada WS yang bersangkutan.</td><td>1. Penyusunan strategi pengelolaan air tanah oleh Menteri, gubernur atau bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya dilakukan setelah melalui konsultasi publik dengan melibatkan instansi teknis dan unsur masyarakat terkait
2. disusun berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri;
3. dikondisikan dalam masa 25 (dua puluh lima) tahun kedepan dan dapat ditinjau kembali apabila ditemukan data dan informasi baru</td></tr>
</table>

b. Definisi, penyusunan, dan penetapan strategi pengelolaan air tanah

c. Tahap-tahap pengelolaan air tanah

Gambar 5-103. Pengelolaan air tanah

1. Perencanaan air tanah

Perencanaan air tanah meliputi: inventarisasi, penetapan zona konservasi, penyusunan & penetapan rencana pengelolaan air tanah (Gambar 5-104)

a. Tahap-tahap pada perencanaan pengelolaan air tanah

Perencanaan disusun untuk menghasilkan rencana yang berfungsi sebagai pedoman dan arahan dalam kegiatan konservasi, pendayagunaan, dan pengendalian daya rusak air tanah

Kegiatan-kegiatan perencanaan pengelolaan air tanah, meliputi inventarisasi air tanah, penetapan zona konservasi air tanah, penyusunan rancangan rencana pengelolaan air tanah, dan penetapan rencana pengelolaan air tanah

1. Inventarisasi Air Tanah

- merupakan kegiatan untuk memperoleh data dan informasi air tanah sebagai dasar perencanaan pengelolaan air tanah pada setiap Cekungan Air Tanah.
- Data dan informasi air tanah, meliputi:
  - kuantitas dan kualitas air tanah;
  - kondisi lingkungan hidup dan potensi yang terkait dengan air tanah;
  - cekungan air tanah dan prasarana air tanah;
  - kelembagaan pengelolaan air tanah; dan
  - kondisi sosial ekonomi masyarakat yang terkait dengan air tanah.
- Kegiatan-kegiatan inventarisasi air tanah, meliputi:
  - Pemetaan: Pemetaan air tanah bertujuan untuk memperoleh data keterdapatan, sebaran, & produktivitas akuifer, serta kondisi keberadaan air tanah yang disajikan dalam bentuk peta
  - Penyelidikan: Penyelidikan air tanah bertujuan untuk memperoleh data kondisi dan lingkungan air tanah antara lain konfigurasi dan parameter akuifer, sebaran daerah imbuhan dan lepasan air tanah, kuantitas dan kualitas air tanah, dan/atau dampak pengambilan air tanah
  - Penelitian: Penelitian air tanah bertujuan untuk memperoleh data yang lebih rinci dari penyelidikan air tanah
  - Eksplorasi: Eksplorasi air tanah bertujuan untuk memperoleh data air tanah mencakup antara lain sebaran dan sifat fisik batuan yang mengandung air tanah, kedalaman akuifer, konstruksi sumur, debit optimum, kualitas air tanah, dan lain-lain, melalui kegiatan survei geofisika, pengeboran, penampangan sumur, uji pemompaan, dan pemeriksaan laboratorium.
  - Evaluasi data: Evaluasi data air tanah bertujuan untuk mengetahui sebaran, kuantitas, dan kualitas air tanah
- Inventarisasi air tanah dilaksanakan oleh Menteri, gubernur, dan bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya serta dapat menugaskan pihak lain seperti instansi atau lembaga baik pemerintah maupun swasta seperti Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Perguruan Tinggi, dan badan usaha yang mempunyai kompetensi di bidang air tanah sesuai dengan ketentuan perundang-undangan.
- Hasil inventarisasi wajib dilaporkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

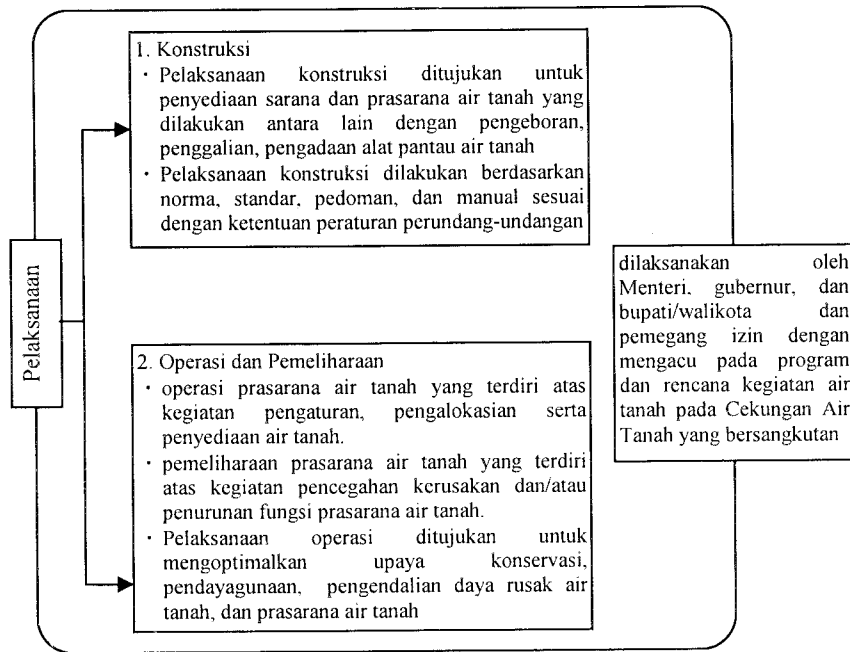
b. Detail tahap-tahap pada perencanaan pengelolaan air tanah

2. Penetapan Zona Konservasi Air Tanah • Zona konservasi air tanah disusun dan ditetapkan oleh Menteri, gubernur, atau bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya setelah melalui konsultasi publik dengan melibatkan instansi teknis dan unsur masyarakat terkait • Zona konservasi memuat ketentuan konservasi dan pendayagunaan air tanah pada Cekungan Air Tanah • Klasifikasi zona konservasi, antara lain: - zona perlindungan air tanah yang meliputi daerah imbuhan air tanah; dan - zona pemanfaatan air tanah yang meliputi zona aman, rawan, kritis, dan rusak • Zona konservasi air tanah dapat ditinjau kembali apabila terjadi perubahan kuantitas, kualitas, dan lingkungan air tanah pada CAT yang bersangkutan
3. Penyusunan dan Penetapan Rancanangan Rencana Pengelolaan Air Tanah • Rencana pengelolaan air tanah sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disusun dengan: a. mengutamakan penggunaan air permukaan pada wilayah sungai yang bersangkutan; b. berdasarkan pada kondisi dan lingkungan air tanah pada zona konservasi air tanah. • Penyusunan dan penetapan - Menteri menyusun dan menetapkan rencana pengelolaan air tanah pada cekungan air tanah lintas provinsi atau cekungan air tanah lintas negara berdasarkan strategi pengelolaan air tanah pada cekungan air tanah lintas provinsi atau cekungan air tanah lintas negara - Gubernur menyusun dan menetapkan rencana pengelolaan air tanah pada cekungan air tanah lintas kabupaten/kota berdasarkan strategi pengelolaan air tanah pada cekungan air tanah lintas kabupaten/kota - Bupati/walikota menyusun dan menetapkan rencana pengelolaan air tanah pada cekungan air tanah dalam satu kabupaten/kota berdasarkan strategi pengelolaan air tanah pada cekungan air tanah dalam satu kabupaten/kota - Penyusunan rencana pengelolaan air tanah oleh Menteri, gubernur atau bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya dilakukan setelah melalui konsultasi publik dengan melibatkan instansi teknis dan unsur masyarakat terkait • Rencana pengelolaan air tanah terdiri dari rencana jangka panjang, jangka menengah, dan jangka pendek yang jangka waktunya masing-masing diserahkan kepada kesepakatan pihak yang berperan dalam perencanaan di setiap cekungan air tanah yang bersangkutan

c. Detail tahap-tahap pada perencanaan pengelolaan air tanah (lanjutan)

Gambar 5-104. Perencanaan air tanah

2. Pelaksanaan

Pelaksanaan terdiri atas pelaksanaan konstruksi dan operasi dan pemeliharaan seperti ditunjukkan dalam Gambar 5-105.

Gambar 5-105. Pelaksanaan pengolahan air tanah

5.10 CAT Dan Non-CAT

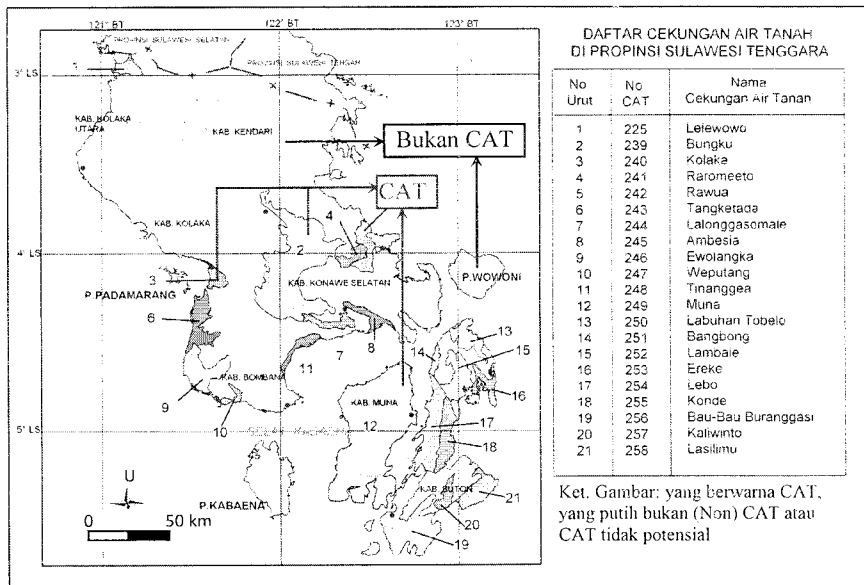
5.10.1 CAT

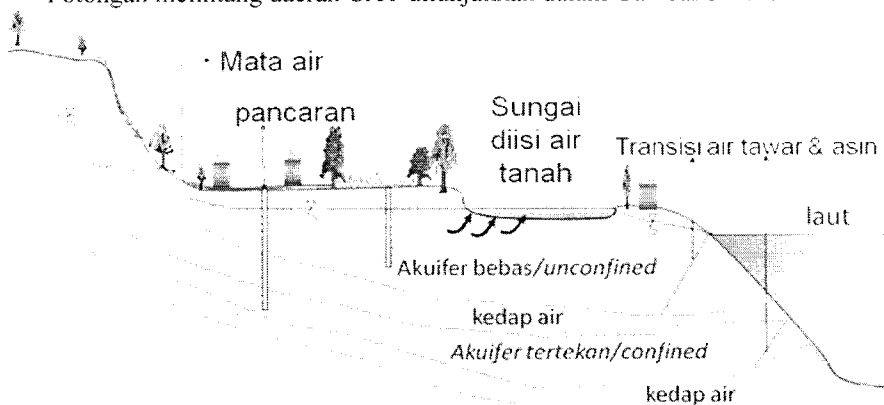
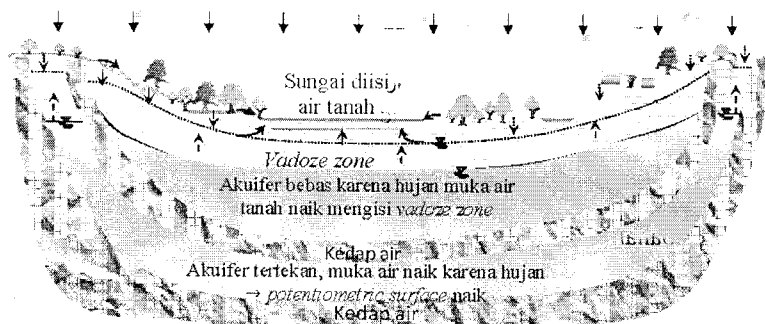
5.10.1.1 Umum

Definisi dan kriteria CAT telah dijelaskan dalam Sub-Bab 5.2.4. Seperti telah disebutkan sebelumnya Wilayah Indonesia (terutama ruang daratnya) tidak dibagi habis dengan CAT. Ada 421 CAT dan ada daerah-daerah yang bukan (Non) CAT atau CAT tidak potensial yang terdapat di seluruh pulau-pulau di Indonesia (Pusat Lingkungan Geologi, 2009).

CAT berada di daratan dengan pelamparan dapat sampai di bawah dasar laut. Akuifer dan akuitard memanjang secara vertikal dan horizontal dengan batas tertentu. Batas vertikal suatu akuifer ditentukan oleh kondisi *stratigraphy* dan *geohistoric* lapisan, sedangkan batas horizontal dikontrol berdasarkan *sedimentary* dan *geostructural* lapisan-lapisan tersebut. Karena unit/bagian hidrostratigrafi dikendalikan oleh kondisi geologi, maka sangat penting untuk mengidentifikasi unit-unit untuk setiap lapisan. Secara hidrogeologi, unit terbesar dengan suatu batas tertentu disebut sebagai cekungan air tanah (*groundwater basin*), yang menunjukkan suatu cekungan deposit (*sedimentary basin*). Cekungan deposit adalah suatu daerah di mana pengendapan telah terjadi secara terus menerus untuk suatu periode waktu tertentu, dan terbentuk dari akumulasi lapisan-lapisan yang tebal. Untuk endapan aluivial maka *sedimentary basin*

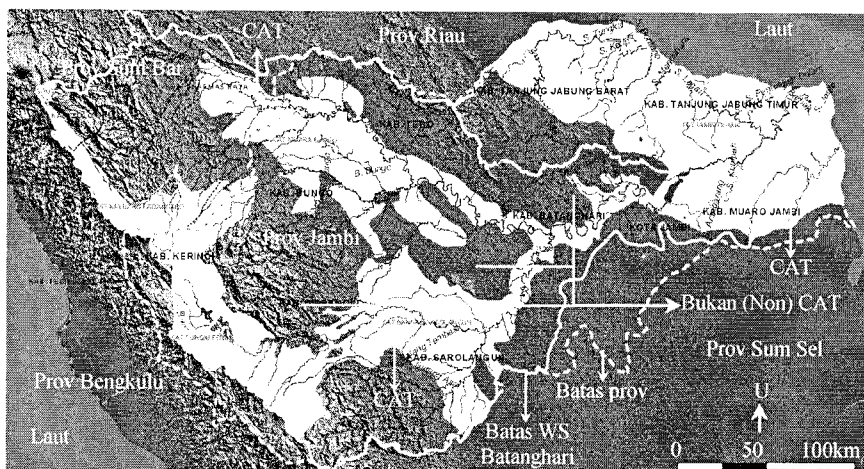
merupakan sumber yang paling besar dari air tanah. Cekungan sedimen Indonesia telah dipetakan dan untuk seluruh Indonesia sampai saat ini telah dipetakan 128 cekungan sedimen (Badan Geologi, 2009; Shibasaki, 1995). Untuk lebih jelasnya, CAT dapat dilihat pada Gambar-Gambar 1-11a dan 5-106.

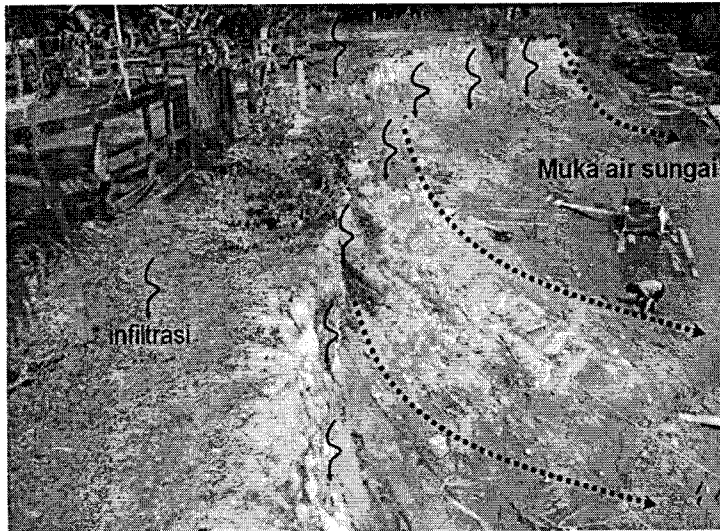
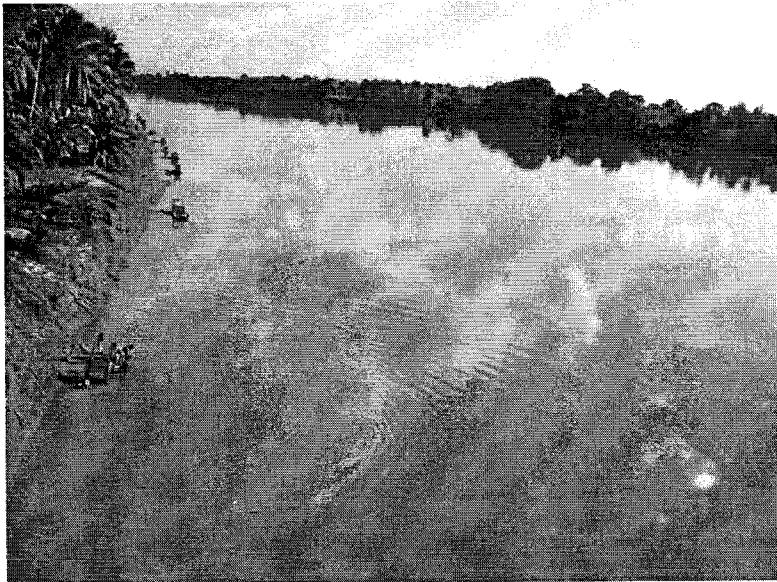
No Urut	No CAT	Nama Cekungan Air Tanah
1	225	Lelewowo
2	239	Bungku
3	240	Kolaka
4	241	Raromeeto
5	242	Rawua
6	243	Tangketada
7	244	Lalonggasomale
8	245	Ambesia
9	246	Ewolangka
10	247	Weputang
11	248	Tinanggea
12	249	Muna
13	250	Labuhan Tobelo
14	251	Bangbong
15	252	Lambale
16	253	Ereke
17	254	Lebo
18	255	Konde
19	256	Bau-Bau Buranggasi
20	257	Kaliwinto
21	258	Lasilimu

Gambar 5-106. Cekungan Air Tanah di Sulawesi Tenggara (RAKEPRES No.... Tahun 2007 Versi 17 September 2007)

Potongan melintang daerah CAT ditunjukkan dalam Gambar 5-107.

a. Contoh potongan CAT terdiri atas akuifer tertekan dan bebas

b. Contoh daerah CAT dan proses pengisian air tanah

Gambar 9-107. Potongan CAT: akuifer tertekan dan akuifer bebas (Kodoatie, 2009d)

Dalam siklus hidrologi aliran air tanah mengisi sistem fluvial (DAS dan jaringan sungainya) (Lihat Gambar 1-1 sampai Gambar 1-5) sebagai *base flow*. Peran CAT sebagai *base flow* ini sangat penting karena dapat menampung hingga 30 % curah hujan setiap tahun. Pada musim kemarau sumber aliran sungai bisa hampir 100 % dari CAT.

Contoh pengisian air tanah ke sungai ditunjukkan dalam Gambar 5-108 dan Gambar 5-109.

WS Batanghari = ± 53000 km^2, CAT dalam WS = ± 27400 km^2 = 49 % WS
Tinggi air rata2 akuifer bebas Jambi = 0.58 m = 580 mm (RaKePres Tentang CAT, 2007)
Tinggi air rata2 akuifer tertekan Jambi = 0.013 m = 13 mm (RaKePres Tentang CAT, 2007)
Total tinggi akuifer = 593 mm
Bila curah hujan = 2000 mm maka 30 % menjadi air CAT
Pada musim kemarau berperan sebagai *base flow* yang mengisi S. Batanghari

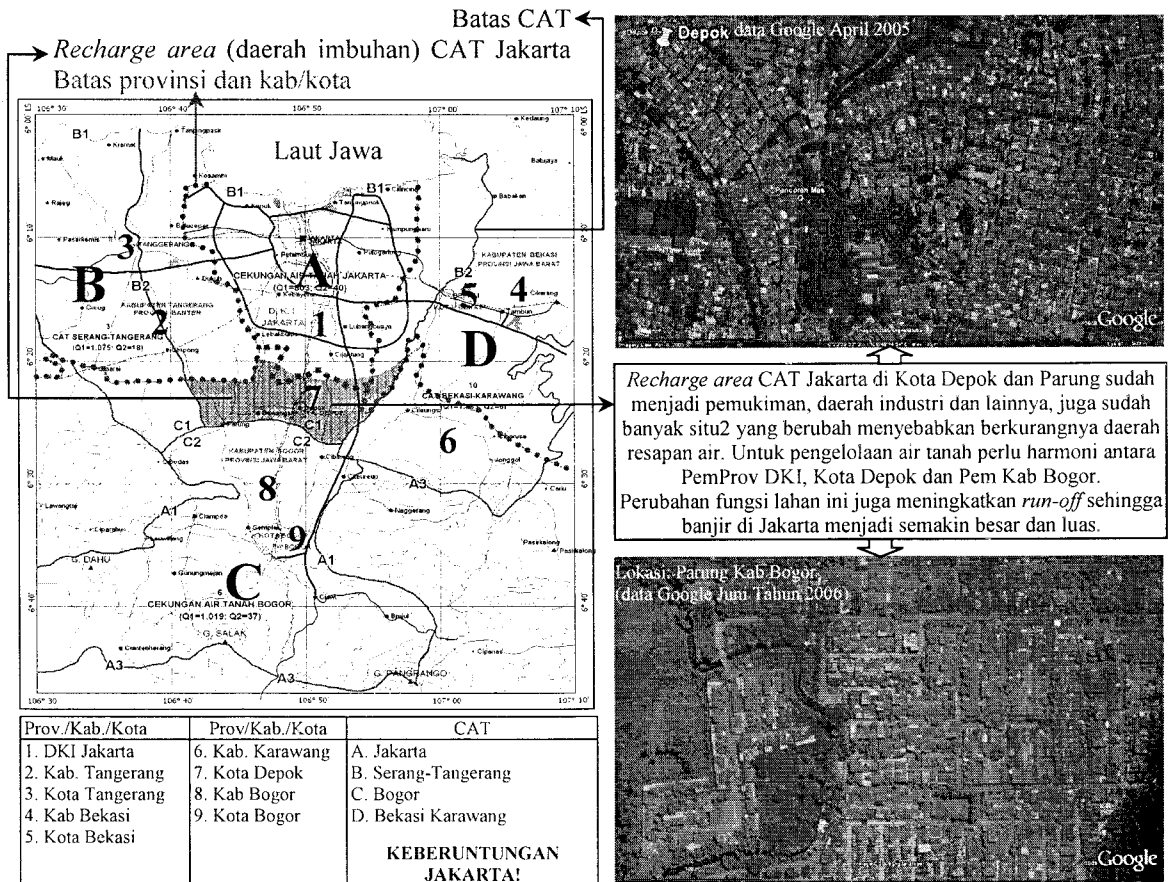
Gambar 9-108. CAT sebagai baseflow dan keberadaan Non-CAT (Balai WS Sumatra VI Jambi, 2009; Kodoatie, 2009e; RaKePres Tentang CAT, 2007)

a. Air tanah mengisi sungai dalam bentuk *base-flow* (Kodoatie, 2009c)

b. Sungai Batanghari di musim kemarau: aliran berasal dari air tanah berbentuk *base flow* dengan tinggi air tanah = 593 mm atau 30% curah hujan

Gambar 5-109. Pengisian sungai oleh air tanah (Kodoatie, 2009c)

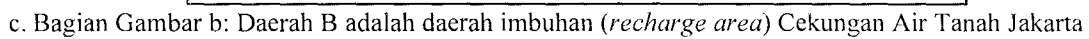
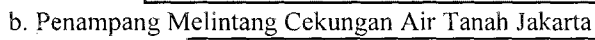
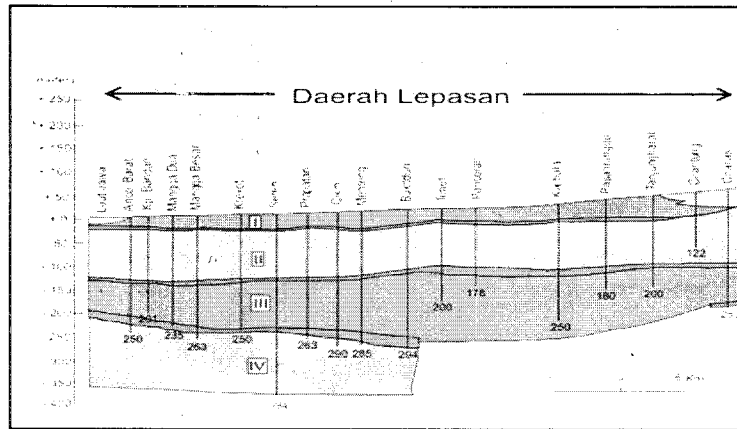
5.10.1.2 Daerah Imbuhan/*Recharge Area* dan Daerah Lepasan/*Discharge Area*

- Proses hidrogeologis CAT: pengimbuhan, pengaliran, & peluahan/lepasan.
- Pengimbuhan di daerah imbuhan & peluahan air tanah terjadi di daerah luahan.
- Proses pengaliran antara ke-2 daerah tersebut, lebih khusus terjadi di daerah transisi antara imbuhan dan luahan.
- Daerah imbuhan: daerah resapan air yang mampu menambah air tanah secara alami pada CAT ⇨ Tak semua daerah yang mampu meresapkan air dalam tanah otomatis merupakan daerah imbuhan.
- Daerah luahan/lepasan adalah daerah keluaran alami pada CAT. Letaknya biasanya daerah hilir, morfologi berupa dataran rendah.
- Penentuan batas antara daerah imbuhan dan daerah luahan sangat penting dalam pelaksanaan upaya konservasi daerah imbuhan atau resapan air tanah.

Contoh daerah imbuhan dan daerah lepasan ditunjukkan dalam Gambar 5-110.

Prov./Kab./Kota	Prov/Kab./Kota	CAT
1. DKI Jakarta	6. Kab. Karawang	A. Jakarta
2. Kab. Tangerang	7. Kota Depok	B. Serang-Tangerang
3. Kota Tangerang	8. Kab Bogor	C. Bogor
4. Kab Bekasi	9. Kota Bogor	D. Bekasi Karawang
5. Kota Bekasi		**KEBERUNTUNGAN JAKARTA!**

a. CAT Jakarta dan sekitarnya (Kep. Men. Energi & Sumber Daya Mineral No. 716, 2003)

b. Penampang Melintang Cekungan Air Tanah Jakarta

c. Bagian Gambar b: Daerah B adalah daerah imbuhan (*recharge area*) Cekungan Air Tanah Jakarta

d. Bagian Gambar a: Daerah A adalah daerah luahan (lepasan) (*discharge area*) Cekungan Air Tanah Jakarta

Gambar 5-110. Contoh penampang melintang CAT Jakarta (Soekardi, 1982)

5.10.1.3 Proses Pengisian Air *Recharge Area* dan *Discharge Area*

Proses pengisian daerah imbuhan (*recharge*) ditunjukkan dalam 5-111

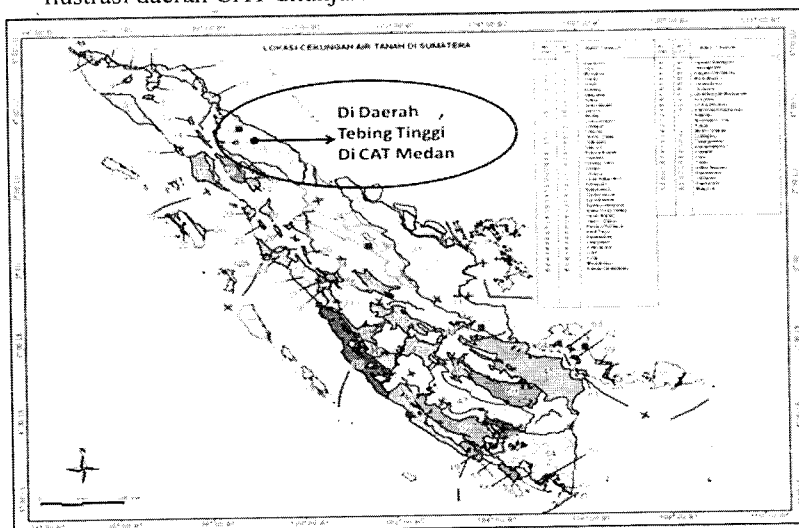
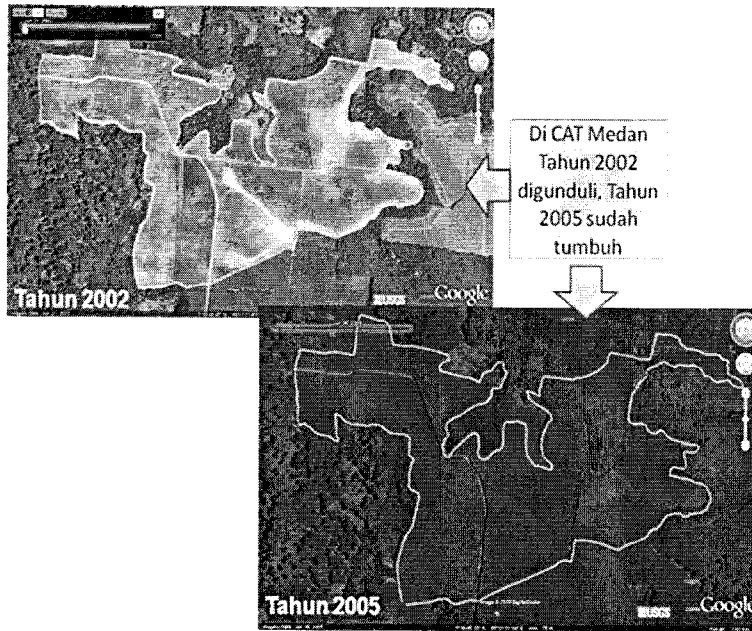
Keterangan gambar:	
1. Hujan di daerah *recharge*	5. Air meresap terus mengalir ke bawah menambah AT di lajur jenuh
2. Air mengisi lajur tak jenuh menjadi jenuh	6. Saat hujan muka tanah selalu mampu meresapkan air (infiltrasi)
3. m a t naik/dangkal	7. Letaknya biasanya di hulu DAS: morfologi berupa perbukitan/pegunungan
4. Membentuk kolom air tebal → tekanan hidraulika kuat menekan ke bawah	

a. Pengisian air di daerah imbuhan (*recharge area*)

Keterangan gambar:	
1. Hujan daerah luahan (*discharge* area) 2. Air mengisi lajur tak jenuh menjadi jenuh (di *Vadoze Zone*)	3. Muka air tanah (m.a.t.) dangkal naik sampai kondisi tanah jenuh (*saturated*) → akibatnya naik/dangkal sampai dekat muka tanah. Namun karena m.a. t awalnya sudah dangkal maka kolom air tak cukup menimbulkan tekanan hidraulika ke bawah. 4. Hujan yang jatuh ke muka tanah tak mampu lagi meresap namun muka air naik di atas muka tanah. Maka selama hujan daerah tersebut menjadi tergenang ⇨ banjir

b. Pengisian air di daerah luahan/lepasan (*discharge area*)

Gambar 5-111. Proses pengisian daerah imbuhan dan daerah luahan (Kodoatie, 2009e dan Danaryanto dkk., 2008a)

Ilustrasi daerah CAT ditunjukkan dalam Gambar 5-112.

a. Daerah CAT di Daerah Tebing Tinggi (CAT Medan) →lihat Gambar b

b. Perubahan lahan di CAT Medan sekitar Tebing Tinggi (Google Earth, 2009)

c. Gambaran CAT di Muka Bumi/DAS di Timur Kota Palembang Di Daerah CAT Karangagung (Kodoatie, 2009b)

Gambar 5-112. Daerah CAT

5.10.1.4 Penentuan Daerah Imbuhan & Daerah Lepasan

Penentuan daerah imbuhan & daerah lepasan dapat dilakukan dengan berbagai metode berdasarkan data, antara lain (Danaryanto dkk., 2009a):

- Tekuk lereng (merupakan batas antara morfologi dataran dengan perbukitan). Daerah imbuhan secara sederhana dapat disebutkan terletak di atas tekuk lereng tersebut, sedangkan daerah lepasan terletak di bawah tekuk lereng.
- Pola aliran sungai; untuk daerah imbuhan →sungai orde III ke bawah, sedangkan daerah lepasan → sungai orde I dan II. Daerah imbuhan, sungai memasok air tanah atau sungai merugi (*influent stream*). Daerah luahan, sungai mendapatkan tambahan air tanah sungai melaba (*effluent stream*).
- Pemunculan mata air: Daerah lepasan air tanah secara visual dapat dikenali di lapangan dari pemunculan mata air. Mata air pada umumnya banyak terdapat di daerah kaki bukit, kaki pegunungan atau tekuk lereng, serta pada lereng bukit dan lereng pegunungan bagian bawah. Kawasan di sebelah bawah atau arah hilir dari titik pemunculan mata air merupakan daerah lepasan air tanah. Sedangkan kawasan di sebelah atas atau arah hulu dari titik pemunculan mata air merupakan daerah imbuhan air tanah. Beberapa titik pemunculan mata air pada umumnya terletak berjajar pada ketinggian yang relatif sama. Dari deretan titik pemunculan mata air tersebut dapat ditarik garis yang memisahkan daerah imbuhan dan lepasan air tanah. Metoda ini termasuk cukup akurat dalam penentuan batas daerah imbuhan dan lepasan air tanah.
- Kedalaman muka air tanah → sumur penduduk, merupakan cara yang paling akurat. Berdasarkan kedudukan muka air tanah dan arah aliran air tanahnya maka daerah imbuhan merupakan bagian dari cekungan yang dicirikan dengan aliran air tanah pada lapisan jenuh mengalir menjauhi muka air tanah (Freeze and Cherry, 1979). Di daerah imbuhan arah aliran air tanah di dekat permukaan mengarah ke bawah. Sedangkan daerah lepasan merupakan bagian dari cekungan yang dicirikan dengan aliran air tanah pada lapisan jenuh mengalir menuju muka air tanah. Di daerah lepasan arah aliran air tanah di dekat permukaan mengarah ke atas. Batas antara daerah imbuhan dan lepasan disebut "*hinge line*".
- Isotop alam: Isotop alam yang digunakan untuk penentuan daerah imbuhan adalah isotop stabil H_2 (Deuterium) dan O_{18} yang disebut isotop berat. Metoda ini didasarkan atas adanya hubungan fungsi ketinggian topografi terhadap komposisi H_2 dan O_{18} dalam air hujan. Komposisi H_2 dan O_{18} dalam air tanah sesuai dengan harga rata-rata distribusi konsentrasi isotop air hujan yang meresap pada ketinggian tertentu melalui infiltrasi. Air tanah yang kemudian mengalir di dalam batuan tersebut tidak mengalami reaksi kimia dengan material batuan penyusun akuifer yang dilaluinya. Sehingga nilai isotop H_2 dan O_{18} air tanah selama menempuh perjalanannya tidak mengalami perubahan dan tetap menunjukkan komposisi asalnya (air hujan).

Untuk lebih akurat dapat dilakukan penggabungan (*merger*) beberapa metoda.

5.10.1.5 Kawasan Lindung dan Kawasan Budidaya

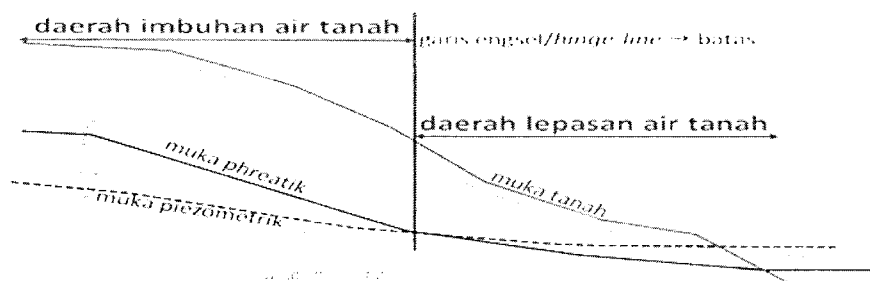
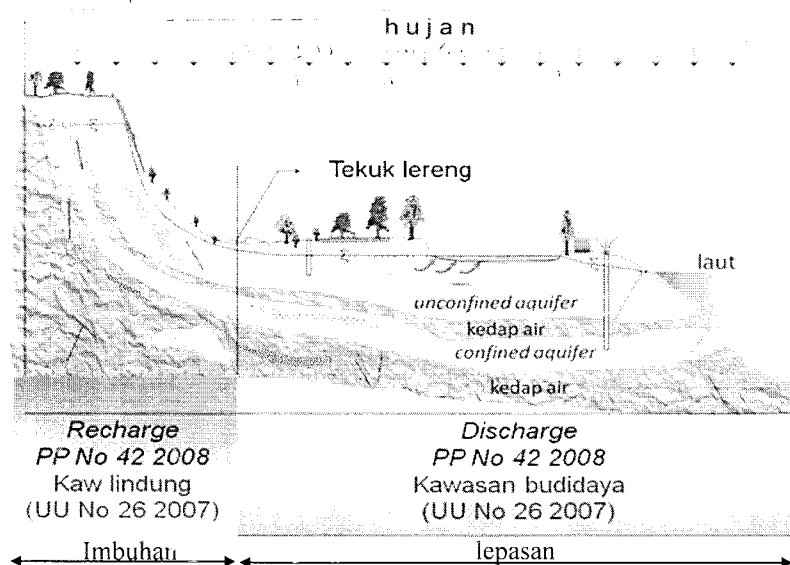
Daerah imbuhan air tanah merupakan kawasan lindung air tanah, di daerah tersebut air tanah tidak untuk didayagunakan dan dalam tata ruang identik sebagai Kawasan Lindung yaitu wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumber daya alam dan sumber daya buatan (PP No 43 Tahun 2008 dan UU No 26 Tahun 2007).

Dalam UU No 7 Tahun 2004 disebutkan bahwa Kawasan Lindung Sumber Air adalah kawasan yang memberikan fungsi lindung pada sumber air misalnya daerah sempadan sumber air, daerah resapan air, dan daerah sekitar mata air.

Daerah lepasan air tanah secara umum dapat didayagunakan. Daerah ini identik sebagai Kawasan Budidaya (wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama budidaya atas dasar kondisi dan potensi Sumber

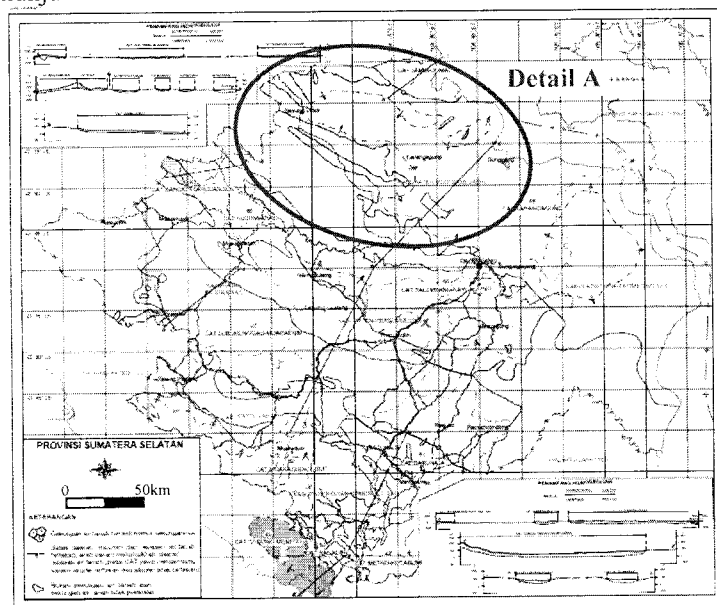
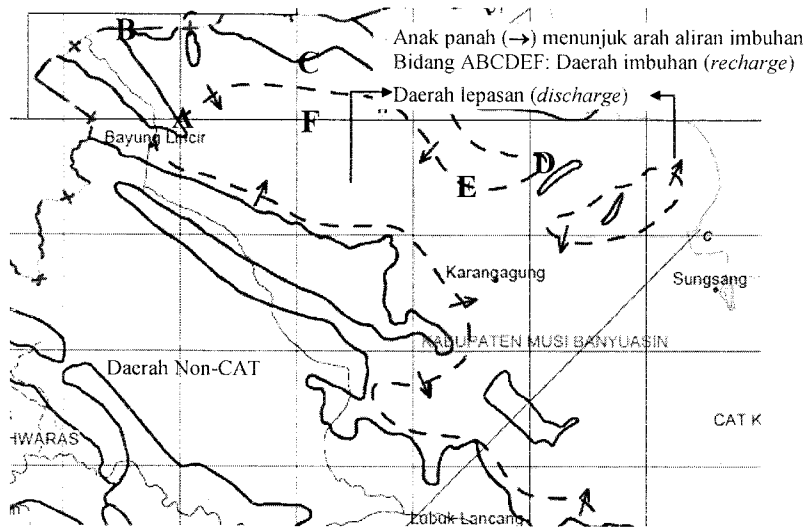
Daya Alam, Sumber Daya Manusia dan Sumber Daya Buatan (PP No 43 Tahun 2008 dan UU No 26 Tahun 2007.

Salah satu aspek pengelolaan sumber daya air adalah pendayagunaan sumber daya air di mana salah satu bagiannya adalah penataan sumber daya air. Tujuan penataan ini adalah penetapan zona pemanfaatan sumber air dan peruntukan air pada sumber air. Zona pemanfaatan sumber air adalah ruang pada sumber air (waduk, danau, rawa, atau sungai) yang dialokasikan baik sebagai fungsi lindung maupun fungsi budi daya (UU No 7 Tahun 2004).

Gambaran daerah imbuhan (resapan) dan daerah lepasan (luahan) ditunjukkan dalam Gambar 5-113.

a. Skema daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah serta batasnya

b. Daerah *recharge/imbuhan* (kawasan lindung) dan daerah *discharge*/lepasan (kawasan budidaya) air tanah

Gambar 5-113. Daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah serta batasnya (imajiner)

Saat ini sedang disusun KepPres tentang penetapan CAT Indonesia. Dalam lampiran keputusan ini disampaikan peta CAT Indonesia yang berjumlah 421. Dalam Peta ini digambarkan daerah CAT dan Non-CAT untuk tiap-tiap provinsi.

Di dalam peta ini juga ada pembagian daerah imbuhan dan daerah lepasan. Gambar 5-114 menunjukkan uraian tersebut.

a. Contoh Peta CAT Jambi-Dumai (Pusat Lingkungan Geologi, 2009)

b. Detail A dalam Gambar a

Gambar 5-114. Contoh Peta CAT Lintas Provinsi, daerah lepasan dan daerah imbuhan

5.10.2 Non-CAT

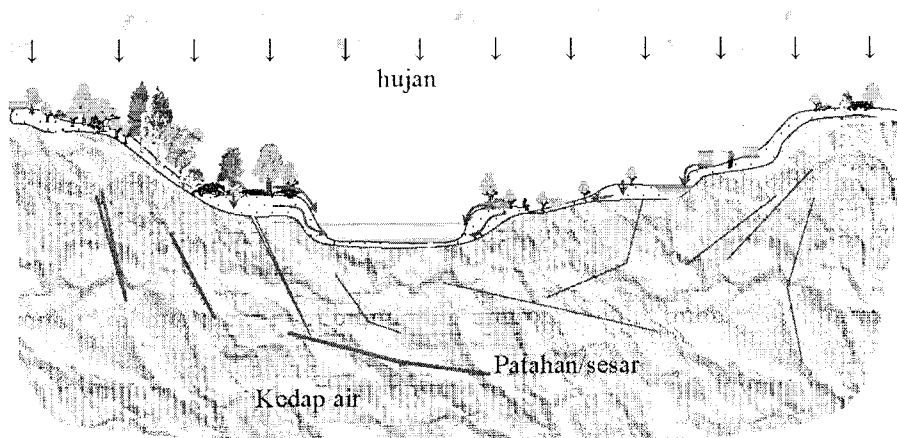
5.10.2.1 Umum

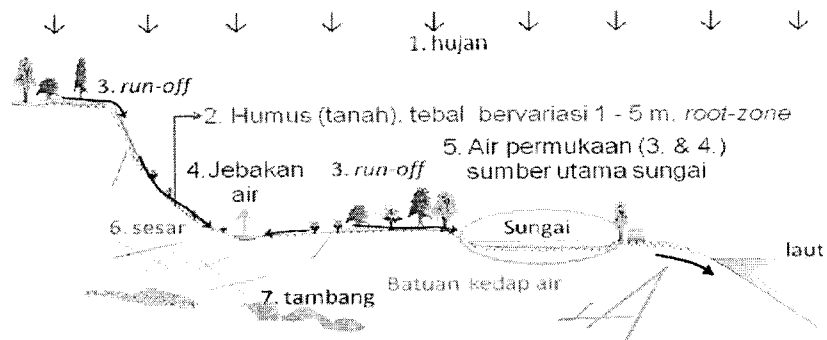
Menurut Pusat Lingkungan Geologi (2009), Wilayah Indonsia dibagi menjadi CAT dan Bukan CAT atau CAT tidak potensial. Definisi CAT disebutkan dalam UU No 7 Tahun 2004 dan PP No 43 Tahun 2008 dan disebutkan juga dalam Sub-Bab 5.2.4 berikut kriterianya.

Mengacu pada definisi CAT maka Daerah Bukan CAT (Non-CAT) adalah wilayah yang tidak dibatasi oleh batas hidrogeologis dan tidak atau bukan tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung.

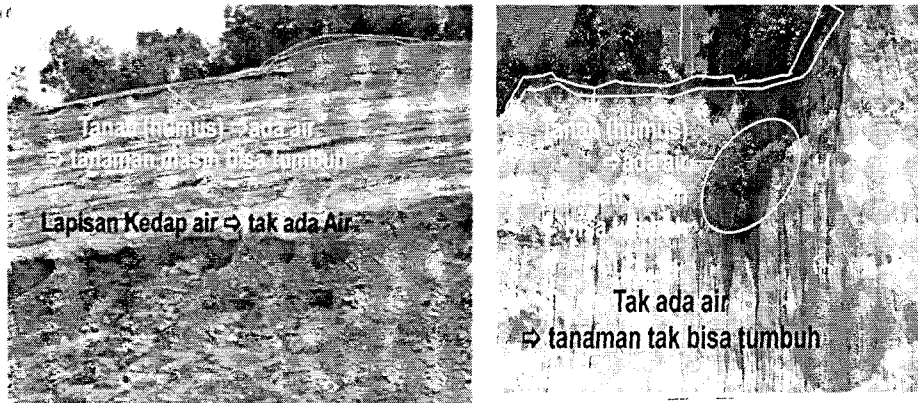
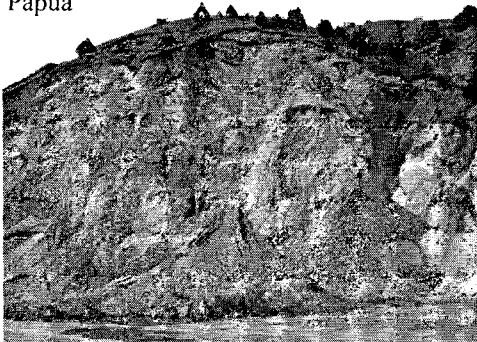
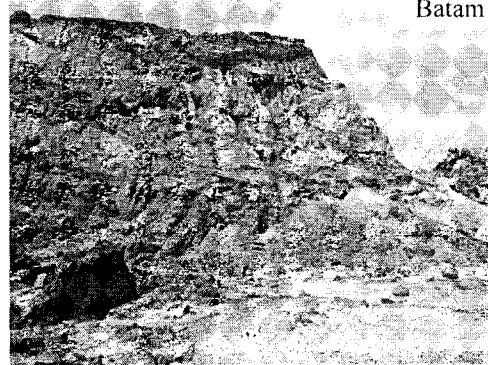
Non-CAT berarti juga wilayah yang:

- Tidak mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan/atau kondisi hidraulik air tanah.
- Tidak mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah.
- Tidak memiliki satu kesatuan sistem akuifer.

Penjelasan Non-CAT tersebut ditunjukkan dalam Gambar 5-115.

Gambar 9-115. Sketsa sederhana potongan Non-CAT (Kodoatie, 2009d)

Proses aliran air di daerah Non-CAT ditunjukkan dalam Gambar 5-116.

Keterangan gambar, proses aliran air:	4. Atau air hujan terjebak: Jebakan air permukaan
1. Hujan turun	5. Air permukaan sebagai sumber utama sungai
2. Humus (tanah) tebal 1-5 m	6. Banyak sesar/patahan (*fault*) → daerah longsor
3. Air hujan: semua jadi *run-off*, tak ada yang meresap	7. Daerah Non-CAT umumnya banyak tambang

Gambar 9-116. Proses aliran air di daerah Non-CAT (Kodoatie, 2009e)

Ilustrasi/dokumentasi daerah Non-CAT ditunjukkan dalam Gambar 5-117.

a. Daerah-Daerah Non-CAT di Wilayah Sungai Berau Kelay (Kodoatie, 2009g)

b. Daerah Non-CAT di Papua (sebelah Barat Kota Jayapura) dan Kota Batam

Gambar 5-117. Dokumentasi Daerah-Daerah Non-CAT (Kodoatie 2009a & f)

5.10.2.2 Karakteristik Daerah Non-CAT

Keberadaan air

Secara geologis, daerah Non-CAT umumnya berupa batuan dengan lapisan tanah (humus) tipis di atasnya. Bila hutan atau vegetasi menutupi daerah Non-CAT maka hutan atau vegetasi itu akan mempertahankan lapisan tanah humus itu secara alami. Hutan-hutan di bagian tengah Kalimantan, sejarahnya telah tumbuh dan akan terus tumbuh secara alami bila tak ada gangguan. Karena lapisan tanah yang mampu menyerap air cukup tipis (dalam angka satuan meter) maka air yang ditampung lebih banyak dan menyebabkan kondisi lebih lembab. Air di dalam lapisan tanah ini menjadi sumber kehidupan tanaman dengan volume lebih banyak dibandingkan daerah CAT. Pada kondisi alami ini maka umumnya hutan atau vegetasi di daerah Non-CAT lebih subur dibandingkan dengan daerah CAT. Walaupun daerah CAT mampu meresapkan air lebih banyak namun kedalaman bisa sampai ratusan meter di bawah muka tanah dan air akan mengalir ke bagian yang lebih rendah.

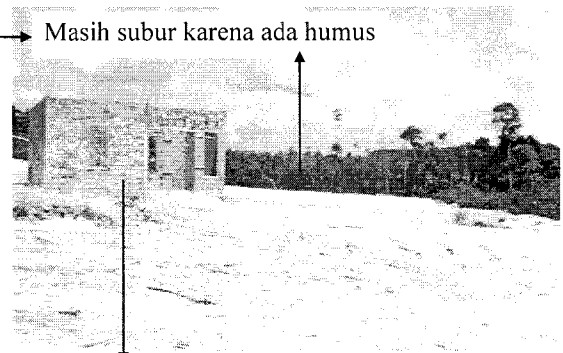
Itulah sebabnya pada kondisi alami daerah Non-CAT selama lapisan tanah (humusnya) masih ada akan relatif lebih subur dibandingkan dengan daerah CAT. Gambar 5-118 menunjukkan contoh vegetasi di daerah Non-CAT.

Namun apabila tanah humus hilang karena digali untuk suatu kepentingan (misal penambangan) maka tanaman tidak akan tumbuh lagi karena di bawah humus hanya batuan yang kedap air. Gambar 5-117 dan Gambar 5-119 a dan b menunjukkan contoh daerah Non-CAT yang sudah kehilangan tanah (humus) sehingga tanaman tidak bisa tumbuh lagi serta contoh Padang Gurun Sahara yang telah dibuktikan dulu berupa hutan (Gambar 5-119c). Perlu diketahui bahwa Papua, Kaltim dan SumSel merupakan penghasil tambang yang terbesar (LPEM-FEUI, 1999 dalam Simanjutak, 2000 yang diolah), bila tak terkendali maka potensi menjadi gurun sangat besar. Hal ini sudah tampak di Kaltim seperti ditunjukkan dalam Gambar 5-119b dan beberapa tempat di Sumatra seperti misal di Riau.

a. Daerah Non CAT ±5 km Barat Sentani Papua (Kodoatie, 2009g)

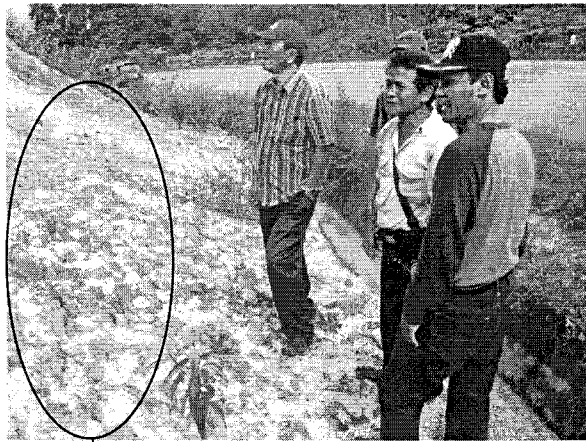
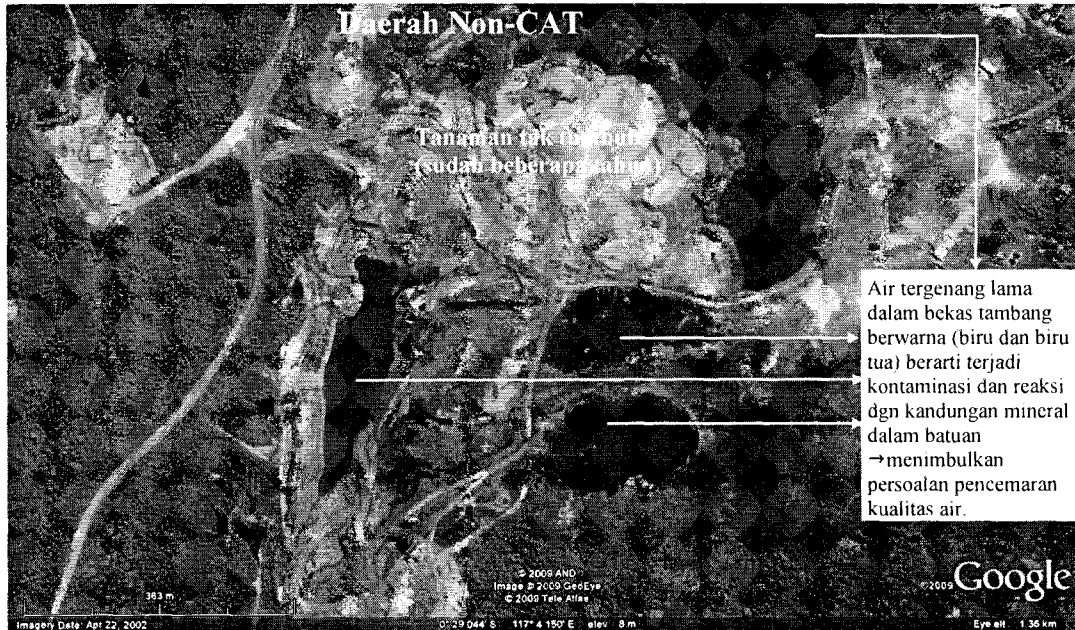
b. Daerah Non CAT Pulau Galang (Kodoatie, 2009a)

c. Sungai Warsamson, Kab. Sorong, Papua Barat (Kodoatie, 2005c)

d. WS Berau-Kelay 2°5.43' LU & 117° 23.28' BT Kalimantan Timur (Kodoatie, 2009g)

Contoh Non-CAT yang dibangun pemukiman, sudah lebih dari 1 tahun tanah tetap tandus karena humus (*top soil*) sudah tidak ada. Padahal dari batuan menjadi *top soil* butuh ribuan tahun (lihat Sub-Bab 5.8.5)

e. Daerah Kab. Sarolangun Jambi (Kodoatie, 2009c)

f. Daerah di Barat Kota Jambi (Kodoatie, 2009c)

Gambar 5-118. Contoh kesuburan daerah Non-CAT yang belum dan sudah terganggu

a. Lokasi Non-CAT di WS Berau Kelay

b. Lokasi bekas penambangan di KalTim di daerah Non-CAT dengan koordinat 0°29.044" LS dan 117°4.150'; selama tak ada tanah humus, tanaman tak akan pernah tumbuh (*download* Google Earth, Agustus 2009)

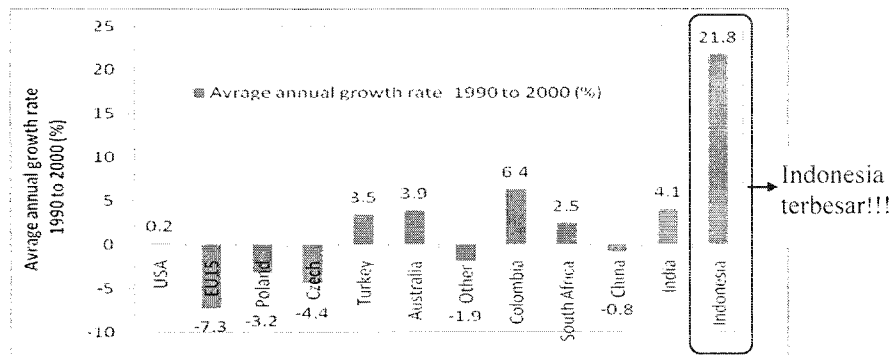
c. Gambaran Hutan Sahara dahulu kala dan Padang Gurun Sahara sekarang (lihat juga Gambar 4-3)

Catatan: kondisi seperti Gambar b di beberapa tempat sudah terjadi seperti Jambi, Riau di Pulau Sumatra

Gambar 5-119. Perubahan kondisi daerah Non-CAT yang sudah terkupas tanah dan humusnya (lihat juga Gambar 4-3)

Perbedaan vegetasi daerah CAT dan Non-CAT dapat juga dengan melihat Gambar 5-112 (Daerah CAT) dengan Gambar 5-117 dan Gambar 5-119 (Daerah Non-CAT). Oleh karena itu salah satu syarat penting adalah setelah penambangan selesai maka penambang diwajibkan mengembalikan humus yang sudah ada sebelumnya.

Jangan sampai kondisi padang gurun terjadi seperti di Sahara, di mana telah dibuktikan bahwa dahulu kala sekitar 5500 tahun yang lalu kondisi Sahara berupa hutan yang cukup subur dibandingkan dengan kondisi Padang Gurun Sahara saat ini (Gambar 5-119c). Gurun yang kering berarti juga sedikit kelembaban sehingga penguapan juga sedikit dan akibatnya hujan juga sedikit. Hal ini akan menyebabkan daerah sekitar Sahara berpotensi juga menjadi gurun (Derbyshire, 2008; Pearce, 2003).

Perlu diketahui bahwa data Tahun 2002 laju pertumbuhan penambangan batubara menunjukkan trend yang berbeda. Umumnya negara maju berupaya untuk mengurangi penambangan dalam negerinya, bahkan ada yang mencapai tingkat pertumbuhan yang negatif. Sedangkan di negara berkembang masih mempertahankan laju pertumbuhan penambangan batubaranya, bahkan untuk Indonesia lajunya terbesar. Hal ini dapat dilihat dari grafik dalam Gambar 5-120.

Gambar 5-120. Laju pertumbuhan rata-rata tahunan penambangan batubara dari Tahun 1990 sampai Tahun 2000 (World Coal Institute, 2002)

Dari Gambar 5-120 yang perlu mendapat perhatian adalah yang terjadi di negara kita dimana laju pertumbuhan penambangan merupakan yang terbesar dari seluruh penambangan batu bara di negara2 di dunia. Di KalTim, kerusakan lingkungan sudah besar, yaitu daerah2 tambang sudah menjadi tandus/gurun yang tak bisa ditumbuhi tanaman. Daerah tersebut sangat mudah ditemukan dalam Peta Google Earth.

Terhadap kualitas air, maka ada empat jenis dampak penambangan, yaitu (BC Wild and Environmental Mining Council of BC, 1997):

- Drainase tambang asam (*acid*)
- Kebocoran dan kontaminasi logam berat
- Polusi kimia pemrosesan (misal tambang emas ada produk tambahan sianida → zat racun yang mematikan, air raksa untuk penyaringan emas), asam belerang
- Terjadi erosi dan sedimentasi ⇨ Hutan menjadi gundul ⇨ Tandus menyebabkan peningkatan banjir

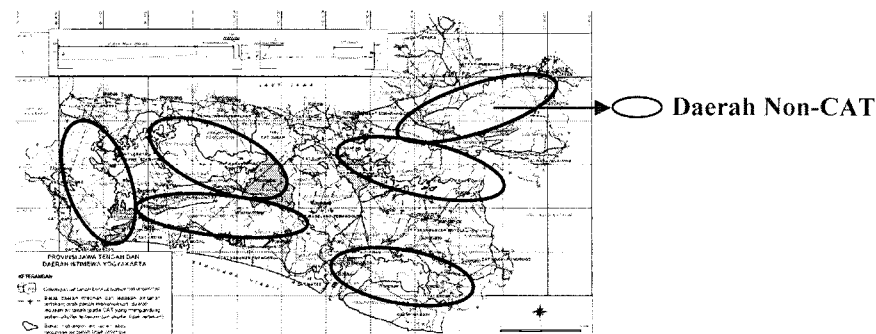
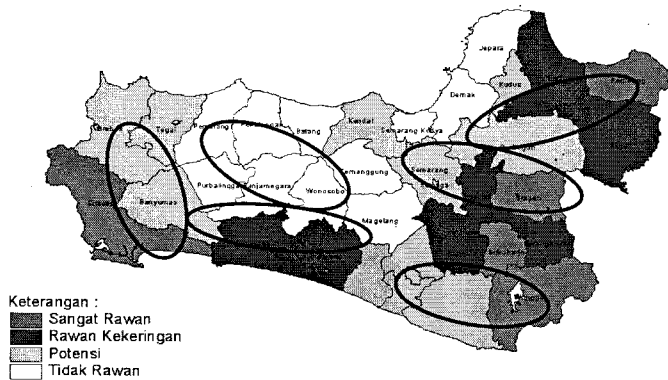
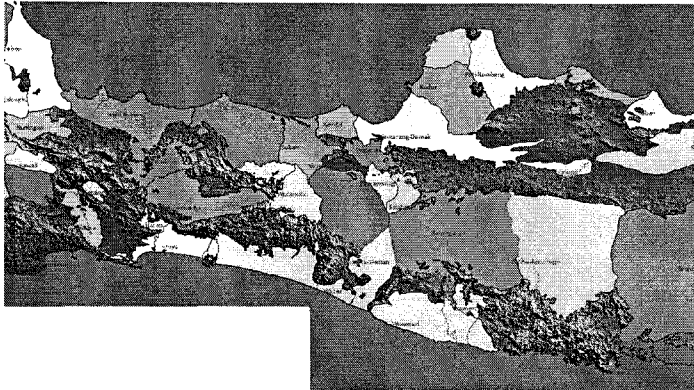
Sampai saat ini penambangan batubara masih terus dilakukan seperti di Sumatra dan Kalimantan. Dampak tak adanya tumbuhan sudah ditunjukkan dalam Gambar 5-119b. Tanpa peraturan dan

pengawasan yang ketat maka dampak kerusakan lingkungan akibat penambangan ini akan sangat besar. Oleh karena itu perlu dibuatkan rambu-rambu dalam penambangan seperti ditunjukkan Gambar 5-126.

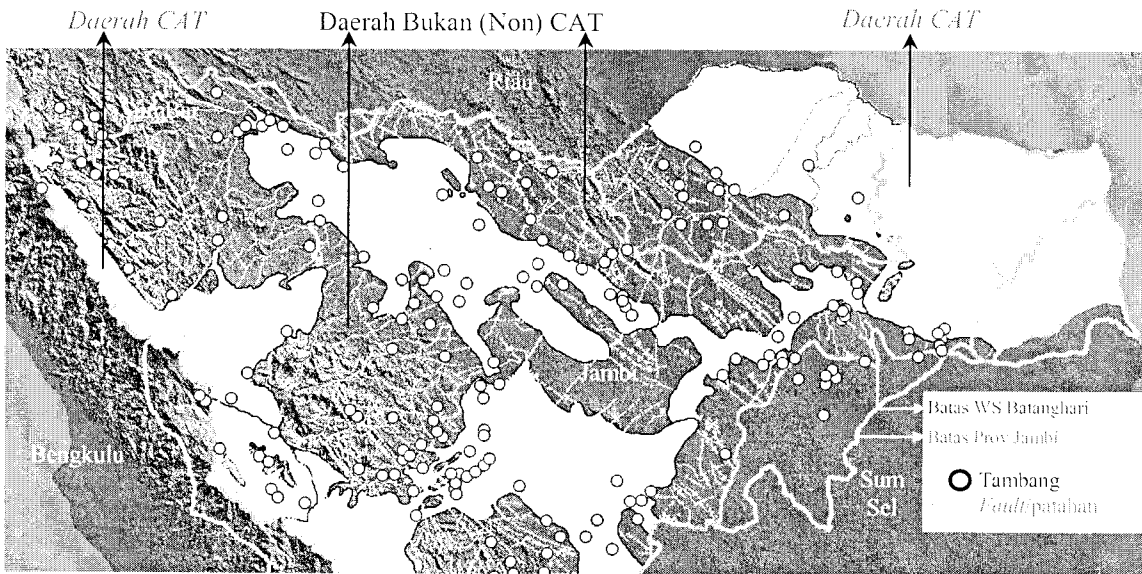
Kondisi geologi

Di bagian bawah dari lapisan humusnya Non-CAT umumnya berupa batuan (Lihat Gamba 5-117). Dalam hal ini maka secara material Non-CAT terutama di bagian dekat muka tanah lebih kaku (*rigid*) dibandingkan daerah CAT. Hal ini disebabkan oleh lokasi CAT yang umumnya terletak di cekungan sedimen/*sedimentary basin*, sehingga CAT relatif lebih elastis. Konsekuensinya, Non-CAT akan rentan terhadap gerakan dan deformasi permukaan misal akibat gempa (baik tektonik maupun vulkanik).

Deformasi permukaan bumi telah dijelaskan dalam Sub-Bab 5.7.6 dan Gambar 5-80. Daerah Non-CAT juga umumnya daerah dengan rentan gerakan tanah tinggi (mudah longsor). Juga daerah Non-CAT bisa merupakan daerah yang rawan kekeringan baik dari segi pertanian maupun kebutuhan air bersih. Pada kondisi daerah Non-CAT masih lebat dengan tumbuhan maka sumber utama air adalah dari curah hujan yang hanya menjadi air permukaan karena infiltrasi air ke dalam tanah hanya sebatas ketebalan humusnya. Bilamana humus hilang maka air hujan menjadi air permukaan baik yang teretensi karena bentuk topografinya maupun yang menjadi *run-off*. Gambar 5-121 dan Gambar 5-122 menunjukkan uraian tersebut.

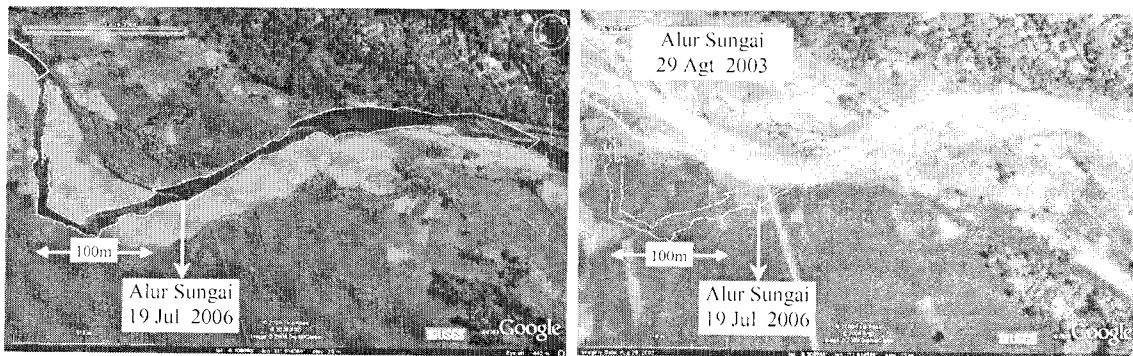
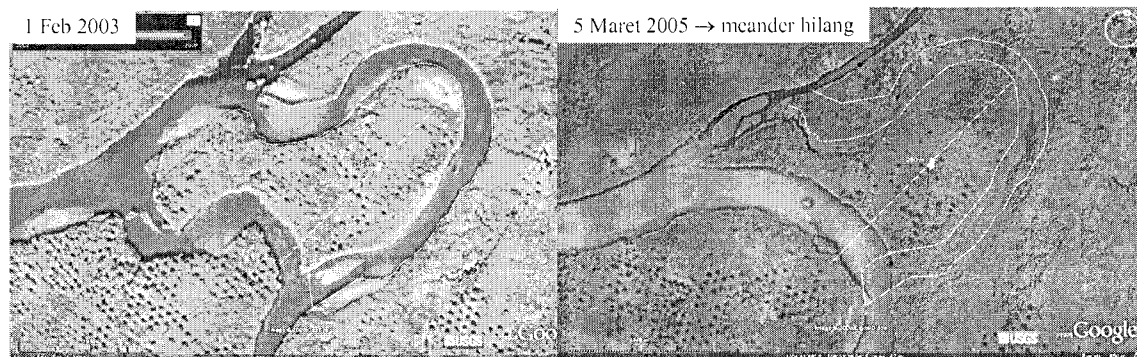
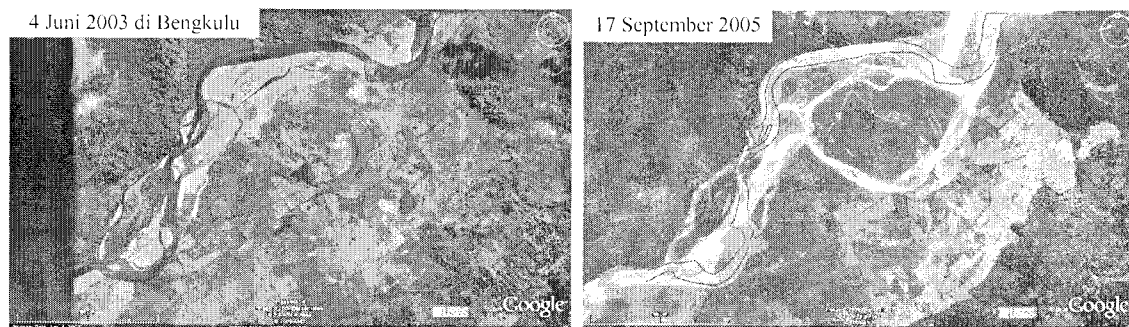
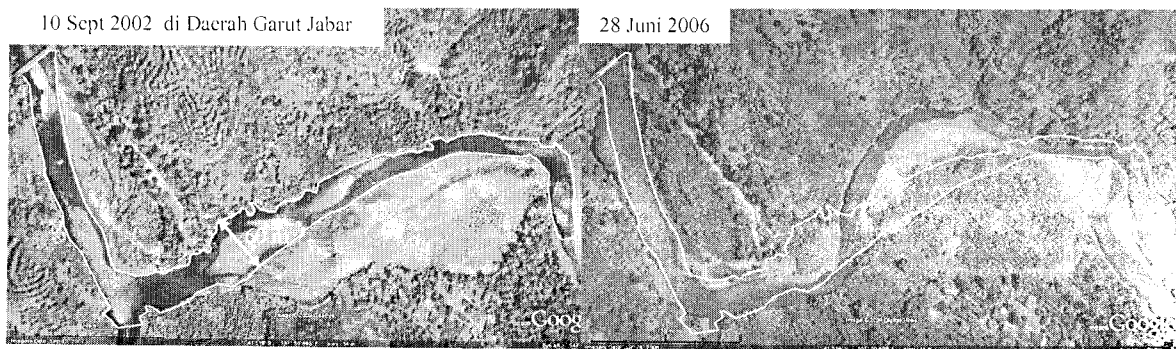
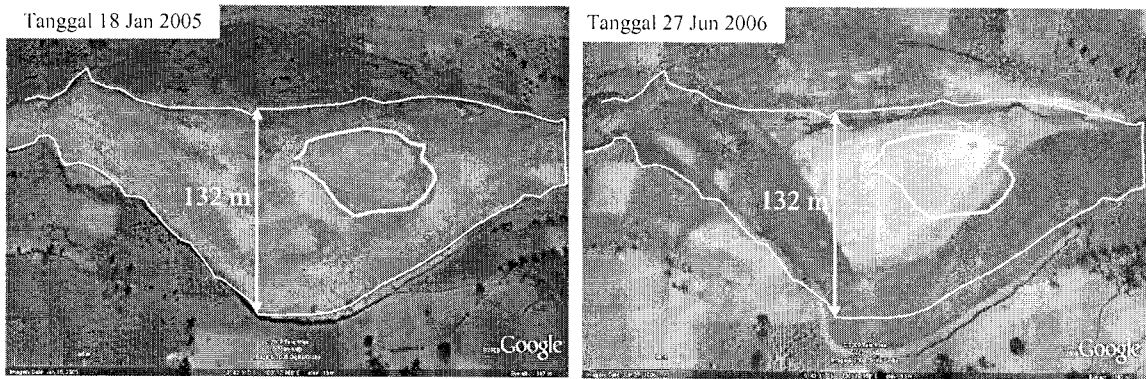
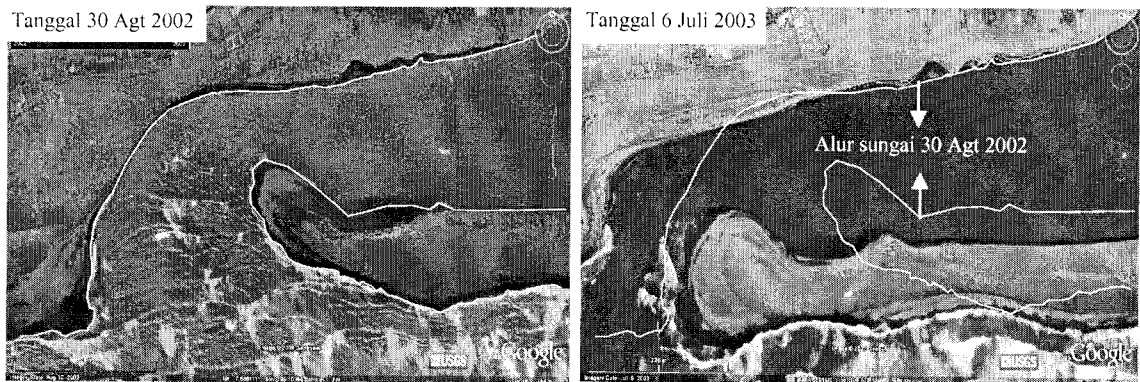
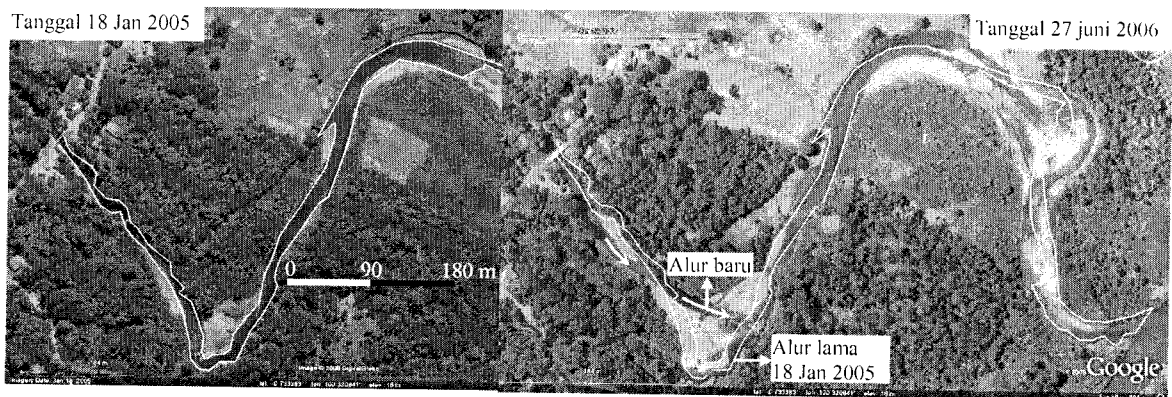
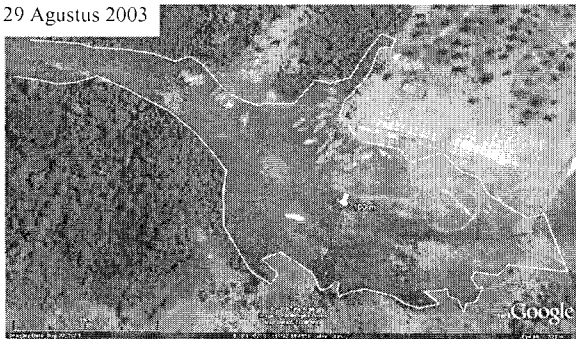
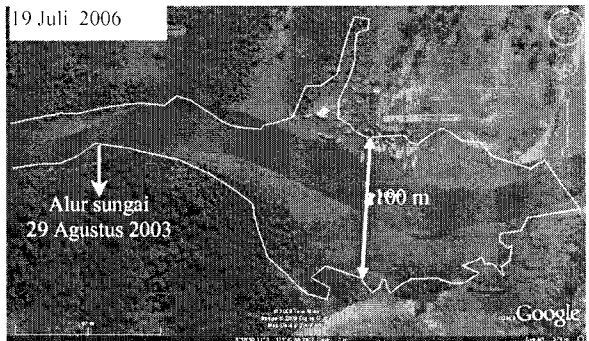
a. Daerah patahan (Pusat Lingkungan Geologi, 2007)

b. Daerah CAT dan Non-CAT (Pusat Lingkungan Geologi, 2007)

c. Daerah rawan kekeringan pertanian Jawa Tengah (Dinas Pertanian & Tanaman Pangan, 2002 dan Pemerintah Prov Jawa Tengah, 2005)

d. Kondisi rupa bumi daerah Non-CAT

Gambar 5-121. Daerah CAT dan Non-CAT, Daerah Patahan dan Daerah Rawan Kekeringan Prov Jateng dan rupa bumi Non-CAT

Daerah Non-CAT juga merupakan daerah patahan yang umumnya banyak tambang. Gambar 5-122 menunjukkan banyaknya tambang.

Daeran Non-CAT umumnya:

- Banyak patahan → daerah longsor dan daerah tidak stabil, bila gempa kerusakannya paling parah
- Banyak tambang → Tanah digali dan dikeruk → tanah/humus hilang → tanaman tak dapat tumbuh menjadi gurun seperti Gurun Sahara. Contoh: Kab.Sarolangun → ada tambang emas & Arsen. Merkuri (Hg) dipakai untuk pencucian emas → Sungai Batanghari tercemar, ikan mengandung Merkuri dan Arsen (racun mematikan)

Gambar 5-122. Daerah Non-CAT umumnya mengandung tambang dan patahan

Daerah Non-CAT juga merupakan daerah dimana sistem sungai dan DASnya tak stabil, karena ada deformasi muka bumi (lihat Sub-Bab 5.7.6). Gambar 5-123 menunjukkan perubahan morfologi sungai yang sangat cepat.

a. Penampang sungai di daerah Jawa Timur dari 29 Agt 2003 sampai 19 Juli 2006 (2 tahun)

b. Meander S. Palu hilang dari 1 Feb 2003 sampai 5 Maret 2005 (2 tahun)

c. Sungai di Bengkulu: 4 Juni 2003 sampai 17 September 2005 (2 tahun)

d. Sungai di daerah Garut, Jabar: 10 Sept 2002 sampai 28 Juni 2006 (4 tahun)

e. Sungai di Timur Laut Padang Tanggal (17 bulan)

f. Pantai Selatan Cilacap 30 Agustus 2003 sampai 6 Juli 2003 (± 10 bulan kemudian)

g. Dekat Kota Padang dari 18 Januari 2005 sampai 27 Juni 2006 (17 bulan kemudian)

h. Barat Daya Tulung Agung Jatim 29 Agustus 2003sampai 19 Juli 2006 (hampir 3 tahun kemudian)

25 Agustus 2002

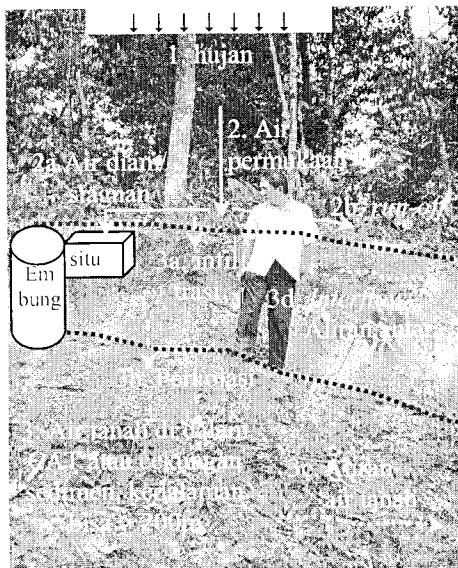
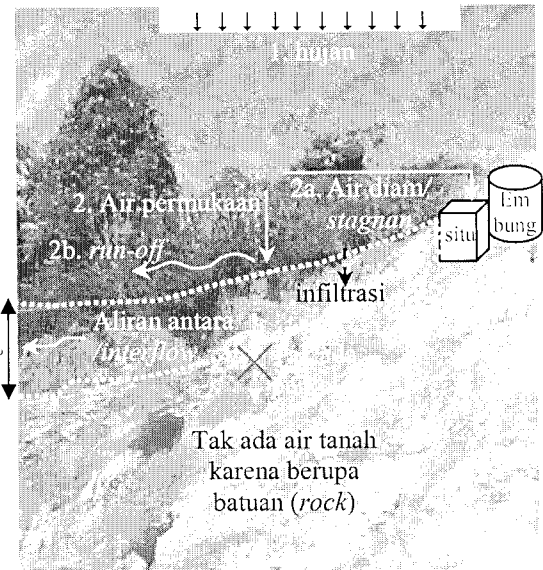
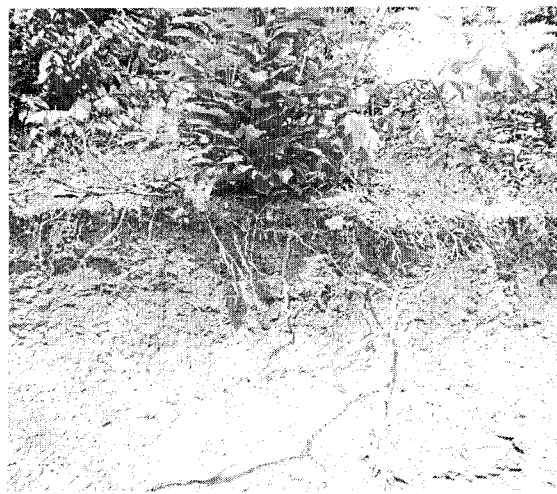
8 November 2003

i. Pulau Buru: 25 Agustus 2002 sampai 8 Nov 2003 (1 tahun 2,5 bulan)

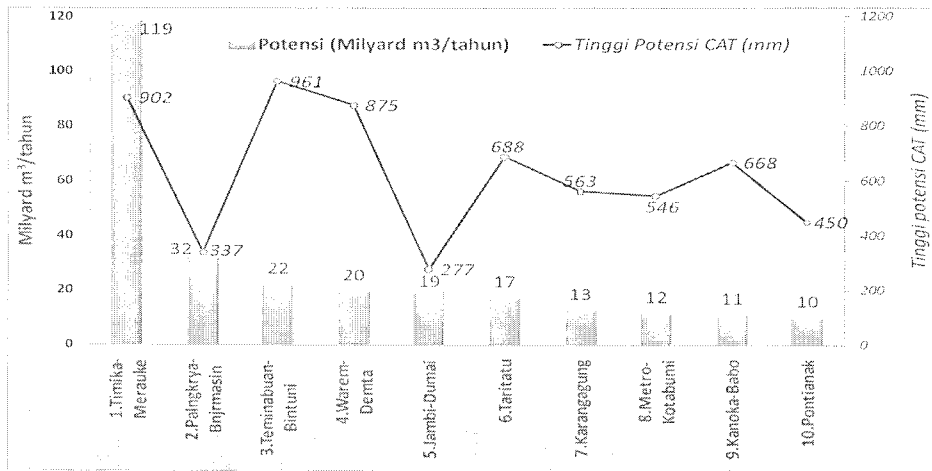
Catatan: di seluruh Indonesia masih banyak kondisi sungai yang berubah-ubah. Umumnya terjadi di daerah-daerah Non-CAT.

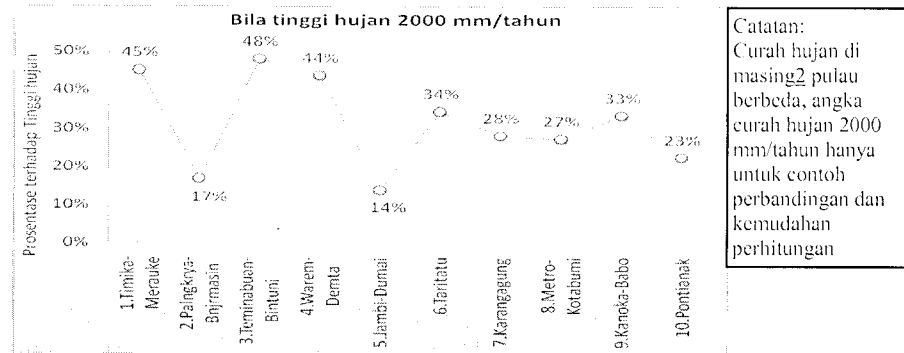
Gambar 5-123.Perubahan beberapa sungai di Indonesia di daerah Non-CAT (Google, 2009)

5.10.3 Keberadaan CAT dan Non-CAT

- Di Indonesia Luas CAT adalah : 907,615 km^2 (atau 47,2% luas daratan) dan Luas Non-CAT : 1,014,985 km^2 (atau 52,8% luas daratan)
- Di Daerah CAT Air hujan menjadi air permukaan dan air tanah di daerah Non-CAT air hujan hanya menjadi air permukaan seperti ditunjukkan Gambar 5-124.

a. Daerah CAT

b. Daerah Non-CAT

c. *Vadoze zone/root zone* daerah CAT dan Non CAT

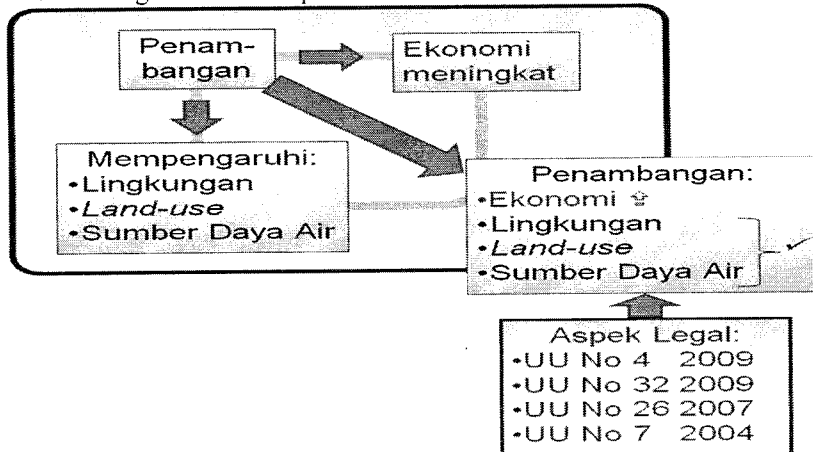
Gambar 5-124. Perbedaan daerah CAT dan Non CAT

- CAT merupakan salah satu pengendali aliran permukaan, terutama pada musim kemarau. Air Tanah mem"*feeding*" air permukaan bila mengalir ke sungai sebagai (*base flow*). Hal ini dapat dilihat potensi tingginya CAT dalam menampung air hujan seperti ditunjukkan dalam Gambar 5-125.

a. Potensi 10 besar CAT (milyard m^3/tahun) dan tinggi potensi CAT (mm)

Catatan:
Curah hujan di masing2 pulau berbeda, angka curah hujan 2000 mm/tahun hanya untuk contoh perbandingan dan kemudahan perhitungan

b. % Potensi 10 besar CAT terhadap curah hujan per tahun (asumsi Curah hujan 2000 mm/tahun

Gambar 5-125. Potensi CAT dan potensi tinggi CAT

- Sebagai contoh dapat dilihat dalam Gambar 5-108, di mana saat musim kemarau aliran Sungai Batanghari berupa air tanah yang muncul sebagai *base flow* dengan kuantitasnya bisa mencapai 30 % dari curah hujan per tahun.
- Air hujan akan tersimpan:
  - sebagai air permukaan tersimpan di sistem sungai dan DAS, di waduk, danau, daerah retensi, dll.
  - Sebagai air tanah tersimpan di dalam akuifer baik bebas maupun tertekan dalam satu daerah CAT.
- Daerah CAT umumnya tidak banyak patahan/sesar sehingga bahaya longsor relatif lebih kecil daripada di daerah Non-CAT

- Daerah CAT dapat dibagi dua yaitu daerah imbuhan (atau kawasan lindung sumber air atau daerah konservasi) dan daerah lepasan atau kawasan budidaya. Untuk Penentuan RTRW, perlu penggabungan peta CAT daerah imbuhan sebagai kawasan lindung dan daerah lepasan sebagai kawasan budidaya
- Daerah Non-CAT umumnya banyak Tambang. Sehingga untuk penambangan berwawasan lingkungan harus mengikuti aturan seperti Gambar 5-126.

Gambar 5-126. Penambangan berwawasan lingkungan

- Daerah Non-CAT: semua air hujan akan hanya menjadi air permukaan saja. Di DAS, kedalaman tanah yang mampu meyimpan air hanya di daerah *vadose*, yaitu di daerah kedalaman humus tanah.
- Untuk aspek-aspek pengelolaan Sumber Daya Air, Daerah Non-CAT perlu diatur tata guna lahannya. Untuk aspek konservasi maka daerah Non-CAT direkomendasikan untuk menjadi kawasan lindung atau harus dibuat tampungan air se-banyak2-nya, untuk mengurangi laju *run-off* dan banjir di musim penghujan, sekaligus cadangan air di musim kemarau. Untuk aspek pendayagunaan air perlu dipahami adanya keterbatasan simpanan air yang hanya berupa air permukaan. Untuk pengendalian daya rusak air maka adanya potensi tambang dan mineral di daerah Non-CAT menyebabkan perubahan lahan yang umumnya memberi dampak negatif terhadap lingkungan terutama peningkatan banjir dan longsor.

5.11 Media Pengisian Air Tanah

Air hujan yang jatuh ke tanah akan terserap oleh tanah, yang kemudian akan mengisi sistem akuifer menjadi air tanah. Dalam proses pegisian air tanah memerlukan media yang terbagi menjadi dua media, yaitu media pori yang merupakan media primer dan media skunder yang sering disebut dengan media retakan.

5.11.1 Media Pori

Media pori merupakan media pengisian air tanah, di mana air meresap melalui ruang antara butiran tanah. Besar kecilnya pengisian air tanah melalui media pori dipengaruhi oleh karakteristik tanah, yang meliputi porositas, ukuran butiran dan konduktivitas hidroulik. Karakteristik tanah tersebut akan mempengaruhi besar kecilnya *specific retention* dan *specific yield*.

Beberapa hal yang penting tentang tanah yang terkait dengan pengisian air tanah antara lain: klasifikasi tanah, kerapatan relatif/*relative density*, ukuran butiran efektif d_{10} (*effective grain size*), ukuran butiran rata-rata, koefisien keseragaman dan koefisien gradasi/ *coefficient of gradation* (ASCE, 1987).

1. Klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah tergantung pada persentase jumlah kerikil, pasir, lanau, dan lempung.

Tabel 5-24. Klasifikasi tanah berdasarkan diameter (Julien, 1995)

No	Jenis Tanah	Deskripsi	Jangkauan Diameter *	
			mm	mm
1	Bongkahan (*Boulder*)	Sangat besar	4.096	2.048
		Besar	2.048	1.024
		Medium	1.024	512
		Kecil	512	256
2	Batuan (*Cobble*)	Besar	256	128
		Kecil	128	64
3	Kerikil (*Gravel*)	Sangat Kasar	64	32
		Kasar	32	16
		Medium	16	8
		Halus	8	4
		Sangat Halus	4	2
4	Pasir (*Sand*)	Sangat Kasar	2,000	1,000
		Kasar	1,000	0,500
		Medium	0,500	0,250
		Halus	0,250	0,125
		Sangat Halus	0,125	0,062
5	Lanau (*Silt*)	Kasar	0,062	0,031
		Medium	0,031	0,016
		Halus	0,016	0,008
		Sangat Halus	0,008	0,004
6	Lempung (*Clay*)	Kasar	0,0040	0,00200
		Medium	0,0020	0,00100
		Halus	0,0010	0,00050
		Sangat Halus	0,00050	0,00024

* Untuk mempermudah bisa dilihat jangkauan diameter adalah kelipatan 2

2. Kerapatan Relatif/ *Relative Density* (Dr)

Kerapatan relatif adalah kerapatan butiran tanah ralatif terhadap kepadatan maksimum dan minimum hasil tes laboratorium (Linderburg, 1999). Kerapatan relatif menunjukkan derajat kerapatan dari tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir)

Istilah kerapatan ada tiga (Wesley, 1973):

- Lepas (*loose*) Dr = 0 - 0,33
- Sedang (*medium*) Dr = 0,33- 0,67
- Padat (*dense*) Dr = 0,67- 1

Angka kerapatan ini penting karena mempengaruhi kekuatan geser dan kompresibilitas dari tanah berbutir kasar tersebut. Di samping itu, menurut Wesley (1973) pada pasir dengan nilai kerapatan relatif yang rendah akan menyebabkan pasir mengalami proses *liquifaction* (proses menjadi cair) bila terkena getaran akibat mesin atau gempa bumi.

3. Ukuran Butiran Efektif d_{10} (*Effective Grain Size*)

Menunjukkan ukuran butiran di mana 10 % dari berat material yang ada lebih kecil daripada ukuran butiran tersebut. Ukuran butiran ini biasanya dipakai sebagai standar untuk kepentingan yang terkait dengan mekanika tanah dan aliran air tanah.

4. Rata-rata Ukuran Butiran

Menunjukkan ukuran butiran di mana 50 % dari berat material yang ada lebih kecil daripada ukuran butiran tersebut.

5. Koefisien Keseragaman

Suatu angka yang menunjukkan keseragaman suatu material tanah dilihat dari ukuran butirannya di mana hal ini dapat diformulasikan sebagai Cu (*Hazen uniformity coefficient*).

6. Koefisien gradasi/ *Coefficient of Gradation*

Nilai distribusi butiran yang lain disebut koefisien kelengkungan (*coefficient of curvature* atau *coeficient of gradation*) (Linderburg, 1999). Koefisien kelengkungan (C_c) menggunakan diameter 30 % dan 60 % dari butiran sebagai D_{30} dan D_{60}.

Untuk pemahaman lebih detail dapat dilihat dalam buku-buku Mekanika Tanah dan Geoteknik.

Berikut uraian tentang: porositas, *specific retention, sopecific yield* dan konduktivitas hidraulik.

1. Porositas

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan isi ruang antara butiran (*voids*) dibagi total isi suatu material tanah (Linderburg, 1999).

Ada dua jenis porositas yaitu porositas primer dan sekunder. Porositas primer merupakan angka porositas pada proses sebelum batuan menjadi sedimentasi sedangkan yang sekunder merupakan angka porositas pada proses sesudah batuan menjadi sedimentasi bisa berupa larutan (*dissolution*) ataupun fraktur (*fracturing*) (Kodoatie, 1996).

Porositas merupakan angka tak berdimensi biasanya diwujudkan dalam bentuk %. Umumnya untuk tanah normal n berkisar antara 25 % sampai 75 % sedangkan untuk batuan yang terkonsolidasi (*consolidated rock*) berkisar antara 0 sampai 10 %.

Melihat dari diameter butiran material dapat disimpulkan bahwa untuk material dengan diameter kecil porositas besar (Kodoatie, 1996). Hal ini dapat dilihat dengan besarnya porositas untuk jenis tanah di bawah ini:

- kerikil ⟶ porositas n berkisar antara 25 - 40 %
- pasir ⟶ porositas n berkisar antara 25 - 50 %
- lanau ⟶ porositas n berkisar antara 35 - 50 %
- lempung ⟶ porositas n berkisar antara 40 - 75 %

Di samping itu dapat dikatakan pula untuk tanah berbutir halus mempunyai porositas yang lebih besar dibandingkan dengan tanah berbutir kasar. Untuk jenis material seragam porositas lebih besar dibandingkan dengan material beragam (*well graded material*) (Kodoatie, 1996).

Porositas memberikan disrtibusi yang penting untuk menentukan nilai konduktivitas hidraulik K. Umumnya, tanah dengan porositas n besar juga mempunyai nilai K yang besar. Namun hal ini tidak berlaku basis regional jenis/ragam batuan dan tanah, misalnya; lempung dengan nilai porositas yang lebih besar dari pasir namun mempunyai nilai K yang lebih kecil.

2. *Specific Retention*

Specific retention merupakan kapasitas jenuh batuan untuk menahan air setelah drainase, di mana volume air tertahan merupakan persentasi dari total volume batuan. Jumlah air yang akan dibuang dari batuan tergantung pada durasi drainase, temperatur, kandungan kimia, sifat fisik batuan (Karanth, 1987).

Menurut Meinzer (1923) dalam Fetter (1994), *specific retention* suatu batuan atau tanah adalah perbandingan antara volume air yang terkandung dalam batuan yang dapat mengalir secara gravitasi dengan volume total batuan.

Specific retention dapat ditentukan di laboratorium dengan menyediakan kolom jenuh dari tanah untuk membuang di bawah gravitasi untuk periode yang cukup lama sampai drainase tidak terjadi lagi, sehingga dapat ditentukan volume sisa dan hubungannya dengan volume total tanah (Karanth, 1987).

3. *Specific Yield*

Parameter tampungan spesifik So digunakan untuk akuifer yang dibatasi oleh dua lapisan kedap air seperti yang terjadi pada *confined aquifer*. Pada kondisi di mana lapisan kedap airnya hanya satu yaitu pada *uncofined aquifer* parameter tampungan dikenal dengan sebutan *specific yield* (Sy). Definisinya ialah isi (*volume*) air yang keluar dari tampungan oleh satuan luas dari *unconfined aquifer* akibat satu unit penurunan dari muka air (*water table*) (Kodoatie, 1996).

Specific yield merupakan kapasitas jenuh batuan untuk membuang air dengan gaya gravitasi (Karanth, 1987). Pengertian *specific yield* dapat juga dijelaskan berikut ini. Pada *unconfined aquifer*, muka air tanah berfungsi sebagai batas daerah jenuh air dan daerah tak jenuh air. Di daerah tak jenuh air kadar air θ merupakan perbandingan isi air dengan total isi material tanah, dan selalu lebih kecil dari porositas n ($\theta \leq n$). Pada muka air tanah dan di daerah jenuh air besarnya $\theta = n$.

Menurut Johnson (1967) dalam Fetter (1994), nilai *specific yield* tergantung dari jenis tanah. Nilai rata-rata *specific yield* untuk masing-masing jenis tanah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5-25. Nilai rata-rata Specific Yield (Fetter, 1994)

Material	*Specific Yield*		
	Maximum	Minimum	Rata-rata
Clay (lempung)	5	0	2
Sandy clay (lempung kepasiran)	12	3	7
Silt (lanau)	19	3	18
Fine sand (pasir halus)	28	10	21
Medium sand (pasir sedang)	32	15	26
Coarse sand (pasir kasar)	35	20	27
Gravely sand (pasir berkerikil)	35	20	25

Fine gravel (kerikil halus)	35	21	25
Medium gravel (kerikil sedang)	26	13	23
Coarse gravel (kerikil kasar)	26	12	22

Porositas batuan merupakan penjumlahan antara *specific yield* dan *specific retention* seperti ditunjukkan dalam Tabel 5-26. Semua air dalam batuan jenuh tidak dapat diambil dalam waktu satu kali. Pada titik awal pengambilan, sebagian besar akan melebar membentuk celah yang lebih lebar. Ini berlangsung cepat tetapi akan melambat secara perlahan, sehingga *specific yield* meningkat terhadap waktu (Meinzer, 1923). Jumlah air yang dapat diambil dari batuan atau tanah tergantung pada suhu, kandungan kimia dalam air yang berpengaruh pada viskositas, tegangan permukaan, *specific gravity* (Meinzer, 1923).

Nilai Sy jauh lebih besar dibandingkan S yaitu berkisar antara 0,01-0,03. Nilai Sy yang besar menunjukkan bahwa keluarnya air dari tampungan di *unconfined aquifer* merupakan *dewatering* langsung dari pori-pori tanah sedangkan keluarnya air dari tampungan di *confined aquifer* merupakan efek sekunder dari ekspansi air dan pemadatan akuifer yang disebabkan adanya perubahan tekanan fluida ($\rho g\Psi$) (Freeze dan Cherry, 1979). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa *unconfined aquifer* lebih efisien sebagai sumber air dibandingkan dengan *confined aquifer*. Untuk nilai debit yang sama hanya dibutuhkan ketinggian hidraulik yang lebih kecil.

Tabel 5-26. Harga porositas, specific yield, dan specific retention

Material	Porositas	*Specific yield*	*Specific retention*
Tanah (*soil*)	55	40	15
Lempung	50	2	48
Pasir	25	22	3
Kerikil	20	19	1
Batu gamping	20	18	2
Batupasir (semi padu)	11	6	5
Granit	0,1	0,09	0,01
Basalt (muda)	11	8	3

4. Konduktivitas Hidraulik dan *Specific Permeability*

Konduktivitas hidraulik K merujuk pada sifat-sifat fluida dan batuan, atau dengan kata lain K merupakan fungsi dari sifat fluida dan tanah, dinyatakan dalam bentuk matematis K = f (fluida dan sifat-sifat tanah). Pengertian K yang adalah sama dengan pengertian K dalam mekanika tanah yang menyebutnya dengan koefisien permeabilitas (Kodoatie, 1996) dengan dimensi m/dt atau cm/dt.

Sedangkan parameter permeabilitas k (*the specific or intrinsic permeability*) merujuk hanya pada sifat-sifat batuan dan merupakan parameter yang menunjukkan berapa besar luas area batuan yang dilalui oleh fluida. Parameter ini dipakai untuk kepentingan geologi perminyakan karena keberadaan gas, minyak dan air di dalam sistem aliran yang berdimensi *multiphase* membuat parameter fluida bebas konduksi (hantaran) lebih atraktip. Dimensi dari k adalah L^2, dan ini bisa cm^2 atau m^2 atau Darcy (1 Darcy $\cong 10^{-8}$ cm^2).

Tabel 5-27 merupakan tabel untuk mengetahui nilai konduktivitas hidraulik dan permeabilitas untuk bermacam-macam jenis tanah. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai k dan K mempunyai beda jangkauan (*range*) yang cukup besar misal untuk jenis tanah pasir nilai k berkisar dari 10^{-1} sampai dengan 10^{-3} Darcy sedangkan nilai K berkisar antara 10^{-4} sampai 1 cm/detik. Angka desimal ketiga dan seterusnya baik untuk k maupun K tidak berpengaruh banyak terhadap hasil analisis perhitungannya.

Tabel 5-27 Jangkauan Nilai Konduktivitas Hidraulik K dan Permeabilitas k (Freeze dan Cherry, 1979)

Rocks (Batuan)	Unconsolidated Deposits	k (darcy)	k (cm^2)	K (cm/det)	K (m/det)	K ($gal/day/ft^2$)
		10^5	10^{-3}	10^2	1	
		10^4	10^{-4}	10	10^{-1}	10^6
		10^3	10^{-5}	1	10^{-2}	10^5
		10^2	10^{-6}	10^{-1}	10^{-3}	10^4
		10	10^{-7}	10^{-2}	10^{-4}	10^3
		1	10^{-8}	10^{-3}	10^{-5}	10^2
		10^{-1}	10^{-9}	10^{-4}	10^{-6}	10
		10^{-2}	10^{-10}	10^{-5}	10^{-7}	1
		10^{-3}	10^{-11}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-1}
		10^{-4}	10^{-12}	10^{-7}	10^{-9}	10^{-2}
		10^{-5}	10^{-13}	10^{-8}	10^{-10}	10^{-3}
		10^{-6}	10^{-14}	10^{-9}	10^{-11}	10^{-4}
		10^{-7}	10^{-15}	10^{-10}	10^{-12}	10^{-5}
		10^{-8}	10^{-16}	10^{-11}	10^{-13}	10^{-6}
						10^{-7}

Rocks (Batuan): Karst Limestone; Permeable basalt; fractured metamorphic & igneous rock; Limestone & dolomite; batuan pasir; Unfractured metamorphic & igneous rock; shale

Unconsolidated Deposits: kerikil; pasir; kerikil lanau; silt, loess; Glacial till; Unweathered marine clay

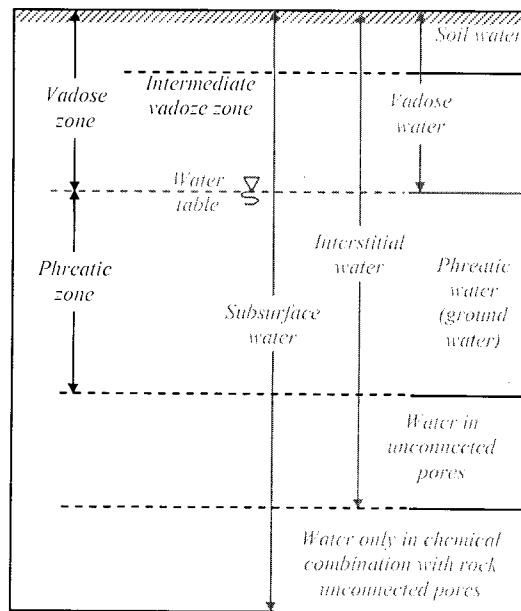
5.11.2 Media Patahan/Retakan

Media retakan merupakan salah satu media dalam pengisian air tanah selain media pori yang sudah dijelaskan di atas. Media retakan biasanya disebabkan oleh peristiwa-peristiwa alam, seperti proses pendinginan (*cooling*), lipatan (*folding*), patahan (*faulting*), perubahan cuaca, ataupun karena reaksi kimia (ASCE, 1987). Retakan (*fractures*), sebagian besar terjadi pada daerah dekat permukaan tanah. Selain peristiwa-peristiwa di atas, akar-akar tanaman yang besar, perilaku hewan, seperti tikus, serangga juga dapat mempercepat adanya bukaan sekunder pada batuan dan tanah (ASCE, 1987). Uraian detail dapat dilihat di Sub-Bab 5.9.

Formasi Air Bawah Tanah

Menurut Todd dan Mays (2005), tipe-tipe genetik air tanah antara lain: *connate water* merupakan periode geologi di mana air tidak berhubungan dengan udara. Periode ini mengandung air dari celah-celah fosil yang berpindah dari lokasi sumber. Air ini juga dapat diperoleh dari samudra atau sumber air yang

kandungan mineralnya tinggi atau dengan kata lain *connate water* merupakan air yang terperangkap oleh proses-proses geologi seperti pembentukan formasi dalam cekungan sedimentasi, penurunan muka air laut, proses pengangkatan dan proses lainnya. Jenis air ini tidak lagi mempunyai hubungan dengan siklus hidrologi. *Magmatic water* merupakan air yang diperoleh dari magma. *Plutonic water* dan *volcanic water* merupakan bagian dari *magmatic water* yang dibedakan berdasarkan kedalamannya. *Volcanic water* dapat ditemukan pada kedalaman yang cukup dangkal yaitu antara 3-5 km. *Juvenile water* merupakan air yang berasal dari hasil proses pembekuan larutan magma dan bukan merupakan bagian dari hidrosfir (siklus hidrologi). *Metamorphic water* merupakan salah satu bagian dari air konat, terjadi akibat proses rekristalisasi mineral yang mengandung air selama proses pembentukan batuan metamorf.

Menurut Driscoll (1987), secara umum kejadian air tanah dibagi dalam dua tipe, yaitu air pada *vadose zone* dan air pada *phreatic zone*. Pada *vadose zone*, dibagi menjadi tiga tipe air, antara lain: air tanah, *intermediate vadose water*, dan air kapiler. Pembagian zona ini dapat dilihat pada Gambar 5-127.

Gambar 5-127. Formasi air bawah permukaan (Davis dan DeWiest, 1966; Driscoll, 1987; Skipp, 1994)

Daerah air tanah (*soil water*) sebagian besar digunakan untuk keperluan pertanian. Air akan hilang dari zona ini karena adanya transpirasi, evaporasi, dan perkolasi ketika air terlalu jenuh. Kedalaman zona air tanah antara 3-30 ft (0.9-9.1 m) tergantung tipe tanah dan vegetasinya (Driscoll, 1987).

Pada zona ini air terjadi karena adanya gerakan antar molekul-molekul, daya kapilaritas yang melawan gaya gravitasi. Gerakan molekul cenderung mengisi air tanah pada lapisan permukaan dari masing-masing partikel tanah. Daya kapilaritas mengisi air pada ruang-ruang kecil diantara partikel-partikel tanah. Ketika kapasitas air tanah karena daya kapilaritas sudah penuh, maka air mulai mengalami perkolasi karena adanya gaya gravitasi (Driscoll, 1987).

Zona di bawah zona air tanah adalah zona tengah (*intermediate vadose zone*). Meskipun sebagian besar pada zona ini bergerak ke bawah, namun sebagian ada yang tertahan tetapi tidak dapat diambil. Pada daerah lembah (daerah basah), zona ini sangat sedikit atau bahkan tidak ada. Kemungkinan kecil air mengalir semuanya melewati zona tengah pada daerah kering dan sebagian kecil air mencapai muka air tanah karena perkolasi aliran permukaan.

Pipa kapiler berada pada bagian bawah zona tengah, di mana air tanah naik ke atas karena gaya kapiler. Besarnya pipa kapiler tergantung dari rata-rata ukuran butiran material dari zona ini. Kapilaritas tidak efektif pada sedimen kasar, tetapi air dapat naik sampai 3m . Sedimen halus mengalami kejenuhan sampai pada zona kapiler dan gaya fisik cairan sama dengan muka air di bawahnya (Driscoll, 1987).

Muka air tanah (*water table*) merupakan pemisah antara zona air tanah atau *phreatic water* dengan pipa kapiler. Muka air tanah (*water table*) secara teoritis merupakan perkiraan elevasi air permukaan pada sumur yang hanya merembes pada jarak yang pendek ke zona jenuh air. Jika air tanah mengalir horisontal, elevasi muka air pada sumur sangat berhubungan dengan muka air tanah. Dengan adanya sumur akan mengubah bentuk aliran dan elevasi muka air pada sumur (Davis dan De Wiest, 1966).

Air tanah merupakan air di bawah muka air tanah dan berada pada zona jenuh air. Menurut Davis dan De Wiest (1966), air tanah didefinisikan sebagai air yang masuk secara bebas ke dalam sumur, baik dalam keadaan bebas maupun tertekan. Bagian bawah dari zona air tanah hampir tidak mungkin digambarkan. Air pada bukaan ini tidak bisa mengalir ke sumur karena masing-masing pori tidak saling berhubungan. Pada daerah batuan beku, paling tidak ditemukan pada kedalaman 152 sampai 274 m, batuan sedimen ditemukan pada kedalaman mendekati 15.900 m. Daerah di bawahnya merupakan daerah air dengan kombinasi secara kimia pada batuan dan mineral (Driscoll, 1987; Skipp, 1994).

Untuk pemahaman lebih jelas, lihat juga Sub-Bab 5.8.

BAB 6
RUANG LAUT

6.1 Ruang Siklus Hidrologi di Laut

Telah kita semua ketahui bahwa luas perairan di permukaan bumi ini adalah 2 kali lebih besar dibanding luas daratan. Sehingga dapat pula kita sebut bahwa 2/3 dari seluruh permukaan bumi adalah perairan. Perairan yang mengelilingi bumi ini kita sebut sebagai samudra, setiap samudra terdiri atas perairan yang memiliki luas lebih kecil, disebut laut. Luas keseluruhan dari perairan yang mengelilingi bumi ini adalah 362 juta km^2, sedangkan luas daratannya adalah 149 juta km^2. Suatu permukaan laut akan mengalami kenaikan sebesar 30 cm, hal ini akan terjadi setiap 100 tahun sekali. Air di dunia ini 97% nya berada di samudra sebagai air asin, sehingga dapat diartikan bahwa jumlah air yang berada di danau, sungai, dalam tanah dan lainnya (air tawar) hanya sebagian kecil saja yaitu sekitar 3% (Malam, 2005; Matthews, 2005; Oliver, 2004).

Yang terkait dengan sumber daya air dan tata ruang yang perlu dikelola dengan harmoni adalah wilayah pesisir. Wilayah Pesisir adalah daerah peralihan antara Ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut (UU No 27 Tahun 2007). Pada wilayah ini air di ruang darat bertemu dengan air di ruang laut baik di atas permukaan tanah maupun di bawah.

Proses perjalanan air di darat yang melalui sungai bertemu dengan air laut di mana pertemuan ini disebut mulut sungai, muara sungai atau estuari.

Pantai adalah sebuah bentuk geografis yang terdiri dari pasir, dan terdapat di daerah pesisir laut. Daerah pantai menjadi batas antara daratan dan perairan laut. Panjang garis pantai ini diukur mengelilingi seluruh pantai yang merupakan daerah teritorial suatu negara (http://id.wikipedia.org/wiki/Pantai). Garis pantai adalah batas pertemuan antara bagian laut dan daratan pada saat terjadi air laut pasang tertinggi. Garis laut dapat berubah karena adanya abrasi, yaitu pengikisan pantai oleh hantaman gelombang laut yang menyebabkan berkurangnya areal daratan (http://id.wikipedia.org/wiki/Garis_pantai).

6.2 Pesisir dan Pantai

Pesisir terbentuk akibat hempasan dari gelombang laut/ombak. Pesisir memiliki bentuk yang tidak sama, hal ini disebabkan karena pesisir terbentuk akibat hempasan dari gelombang laut serta ditambah dengan adanya terpaan dari badai (Matthews, 2005).

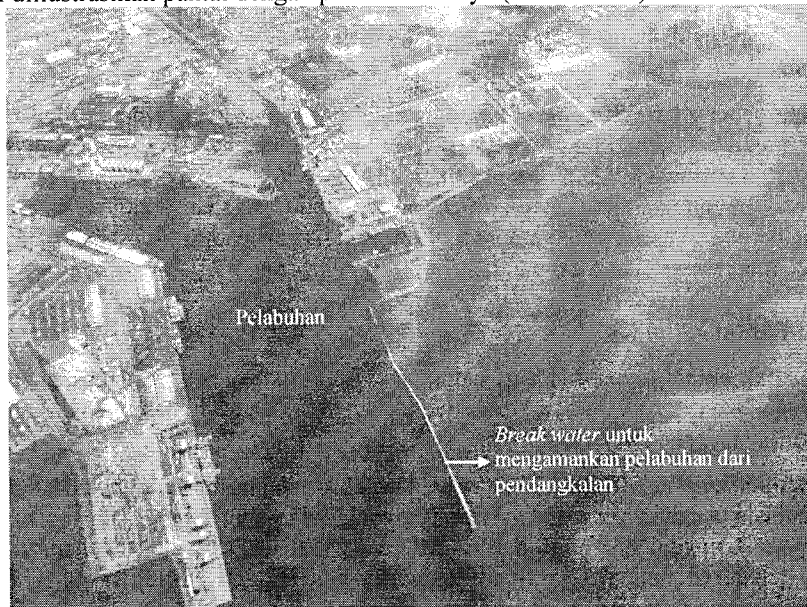
Daerah pantai (*coastal area*) merupakan salah satu kawasan hunian atau tempat tinggal yang penting di dunia bagi manusia dengan segala macam aktifitasnya. Awal Tahun 1990 diperkirakan 50 % sampai 70 % penduduk di dunia tinggal di daerah pantai. Bila pada saat itu penduduk di dunia berjumlah kurang lebih 5,3 milyar maka 2,65 sampai 3,7 milyar tinggal di pantai (Edgren, 1993).

Custodio (1987) memperkirakan bahwa pada akhir abad ke 20 lebih dari tiga perempat penduduk dunia akan tinggal di daerah pantai. Jelas bahwa hal ini akan meningkatkan dampak lingkungan yang cukup besar. Peningkatan penduduk dengan segala macam aktifitasnya akan proposional dengan peningkatan berbagai masalah. Kekurangan suplai air bersih, perubahan fisik-kimia dan biologis, problem salinitas, degradasi kesehatan lingkungan, dan dampak negatip yang lain menjadi masalah yang selalu aktual.

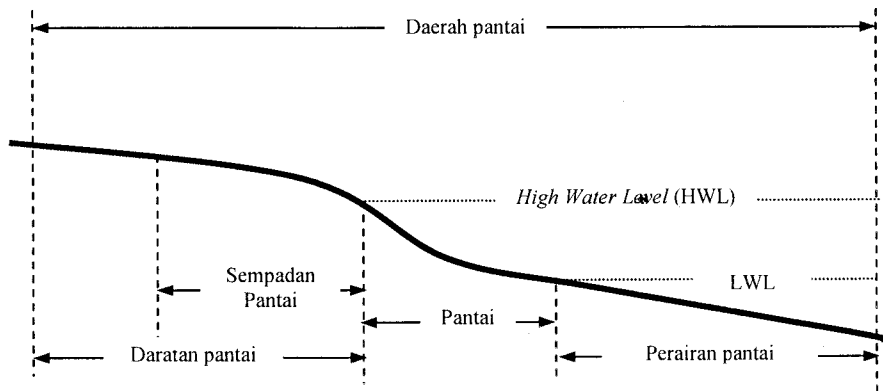
Bentuk yang dapat diciptakan oleh pesisir ada beberapa macam yaitu bentuk gua dan lengkungan. Bentuk gua dan lengkungan tersebut terbentuk dari tebing yang tergerus, namun suatu saat lengkungan tersebut akan patah sehingga yang tertinggal hanya tiang batuannya saja dan disebut tunggul (Riley, 2005).

Untuk mencegah terkikisnya pesisir akibat gelombang laut, maka dibangunlah pemecah gelombang yang dibuat membentang ke lautan. Beberapa bagian dari lautan dapat kita jadikan daratan contohnya pada daerah rawa, pesisir, dan teluk yang dangkal. Cara yang dilakukan untuk itu adalah dengan membangun suatu dinding pelindung yang berfungsi untuk menghentikan laut agar tidak membanjiri daerah-daerah yang akan dijadikan daratan tersebut. Setelah dibangun dinding pelindung tersebut, maka air yang masih menggenangi daerah tersebut segera di pompa keluar hingga daerah tersebut menjadi kering.

Pengertian dari definisi pantai atau pesisir dibedakan menjadi dua, yaitu: untuk keperluan pengelolaan secara regional dipakai pesisir namun untuk pengelolaan lokal, misalnya pengamanan maka dipakai kata pantai.

Berikut ini diilustrasikan pantai dengan pemanfaatannya (Gambar 6-1).

Gambar 6-1. Gambaran pantai dan pemanfaatannya (Google Earth)

Pesisir atau pantai merupakan suatu kesatuan, di mana keduanya mempunyai pengertian yang sama. Pada daerah pantai secara umum meliputi *estuary*, kepulauan, terumbu karang, rawa pantai, bukit pasir (*sand dune*) dan *lagoon*.

Yang dimaksud dengan pesisir atau pantai yaitu suatu daerah yang berada di tepi laut sebatas antara surut terendah dan pasang tertinggi. Di mana daerah pantai ini terdiri atas daratan dan perairan. Pada daerah pantai ini masing-masing wilayahnya masih dipengaruhi oleh aktivitas darat (dilakukan di daerah perairan) serta aktivitas marin (dilakukan di daerah daratan), sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua daerah tersebut saling memiliki ketergantungan satu sama lain, atau dapat juga diartikan saling mempengaruhi. Sedangkan yang dimaksud dengan sempadan adalah daerah yang berada di sepanjang pantai di mana pada daerah ini dimanfaatkan untuk pengamanan dan pelestarian pantai (Yuwono, 1999; Triatmodjo, 1999). Gambar 6-2 menunjukkan definisi daerah pantai.

Gambar 6-2. Definisi Daerah Pantai untuk Keperluan Pengelolaan Pantai (Yuwono, 1999; Triatmodjo, 1999)

Batas daerah tegak lurus pantai, hingga kini belum dapat ditetapkan, hal ini disebabkan karena untuk menentukan itu semua diperlukan banyak pertimbangan. Sehingga sampai saat ini batas daerah tersebut masih selalu didiskusikan. Berikut pertimbangan-pertimbangan dari berbagai aspek yang mempengaruhi dalam menetapkan batas daerah tersebut:

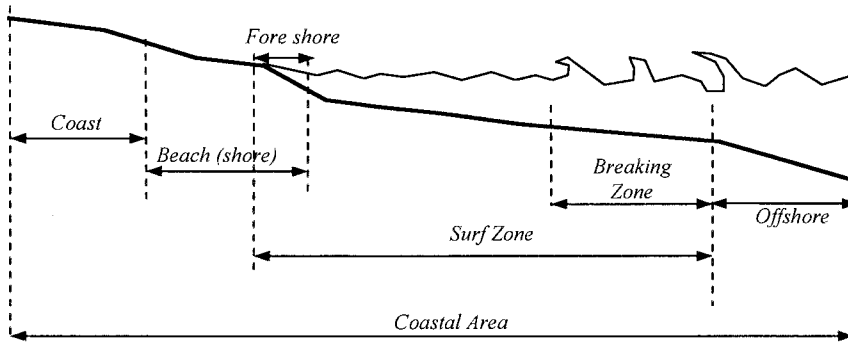
1. topografi daerah
2. tataguna lahan
3. kawasan perkotaan atau pedesaan
4. kawasan cagar alam
5. kawasan tumbuh cepat

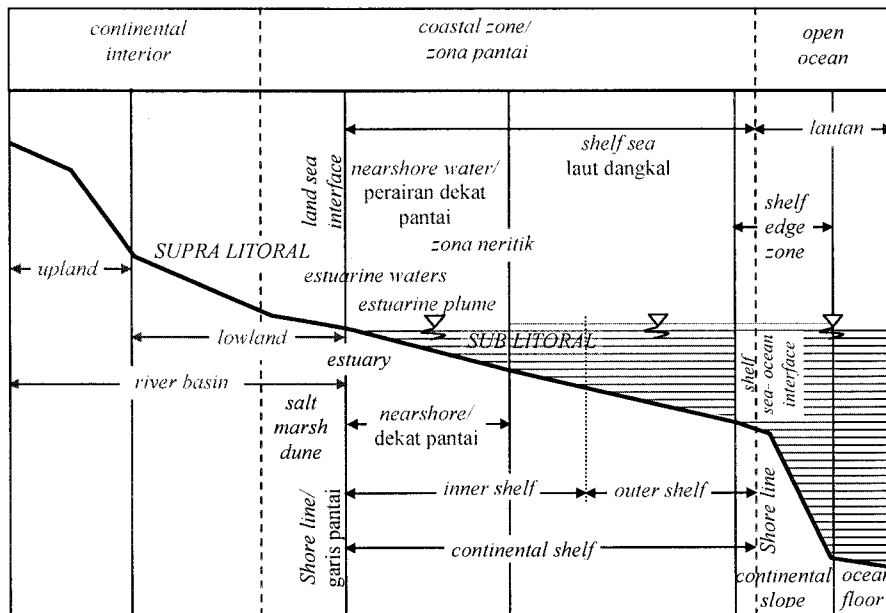
Di samping itu ada banyak peraturan yang mengatur tentang batas-batas dan kegiatan di daerah pantai, diantaranya:

1. UU No. 27 Tahun 2007 menyatakan bahwa ruang lingkup pengaturan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil meliputi daerah peralihan antara Ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut, ke arah darat mencakup wilayah administrasi kecamatan dan ke arah laut sejauh 12 (dua belas) mil laut diukur dari garis pantai.

2. Menurut UU No. 27 Tahun 2007 yang dimaksud Sempadan Pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 (seratus) meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat.
3. Keperluan perikanan menjelaskan bahwa perairan pantai adalah perairan yang digunakan untuk penangkapan ikan secara tradisional yaitu kurang lebih 3 mil dari garis pantai.
4. Laut teritorial Indonesia adalah jalur laut selebar 12 mil laut yang diukur dari garis pangkal kepulauan Indonesia (UU No 31 Tahun 2004 Tentang Perikanan)
5. Perairan Indonesia adalah laut teritorial Indonesia beserta perairan kepulauan dan perairan pedalamannya (UU No 31 Tahun 2004 Tentang Perikanan; UU No 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran)
6. Kepentingan rekayasa/ teknik pantai menyatakan bahwa perairan pantai adalah perairan dengan kedalaman sampai 100 atau 150 m (Sibayama, 1992).
7. Batas negara menyatakan bahwa Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) terletak kurang lebih sejauh 200 mil dari garis pantai ke arah laut.
8. Zona ekonomi eksklusif Indonesia, yang selanjutnya disebut ZEEI, adalah jalur di luar dan berbatasan dengan laut teritorial Indonesia sebagaimana ditetapkan berdasarkan undang-undang yang berlaku tentang perairan Indonesia yang meliputi dasar laut, tanah di bawahnya, dan air di atasnya dengan batas terluar 200 (dua ratus) mil laut yang diukur dari garis pangkal laut teritorial Indonesia (UU No 31 Tahun 2004)
9. Tebal *buffer zone* hutan mangrove yang diperlukan adalah 130 x P, di mana P adalah rentang pasang-surut rerata di daerah pantai tersebut.
10. UU RI, No. 32 Tahun 2004 menjelaskan bahwa kewenangan untuk mengelola sumber daya di wilayah laut paling jauh 12 (dua belas) mil laut diukur dari garis pantai ke arah laut lepas dan/atau ke arah perairan kepulauan untuk provinsi dan 1/3 (sepertiga) dari wilayah kewenangan provinsi untuk kabupaten/kota.
11. Wilayah pengelolaan perikanan Republik Indonesia untuk penangkapan ikan dan/atau pembudidayaan ikan meliputi: a. perairan Indonesia; b. ZEEI; dan c. sungai, danau, waduk, rawa, dan genangan air lainnya yang dapat diusahakan serta lahan pembudidayaan ikan yang potensial di wilayah Republik Indonesia.

Untuk keperluan teknik (*engineering*) (lihat Gambar 6-3):

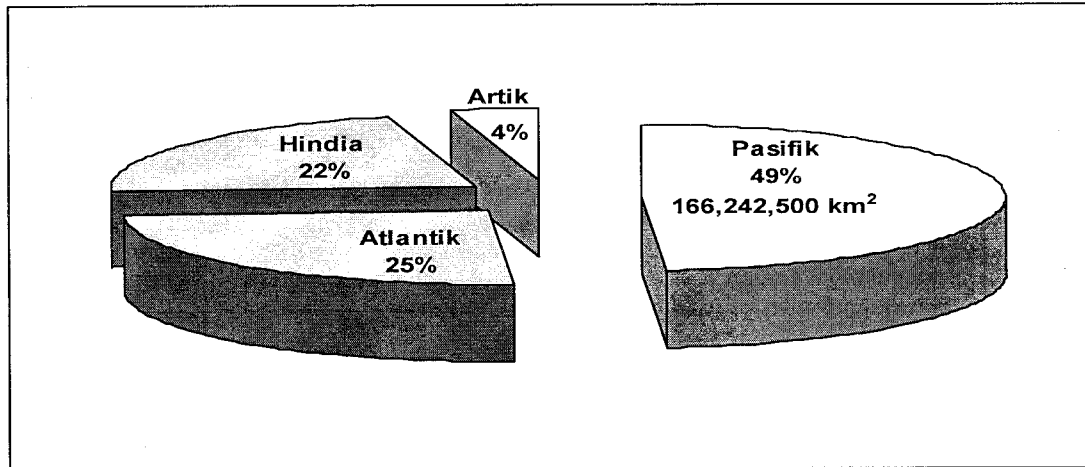
a. *Surf zone* adalah daerah antara gelombang (mulai) pecah sampai dengan garis pantai. Pada perairan ini transpor sedimen menyusur pantai berada.
b. *Off*-shore adalah daerah dari gelombang (mulai) pecah sampai ke laut lepas.
c. *Breaking zone* adalah daerah di mana gelombang pecah.
d. *Beach (shore)* adalah daratan pantai (berpasir) yang berbatasan langsung dengan air.
e. *Coast* adalah daratan pantai yang masih terpengaruh laut secara langsung, misalnya pengaruh pasang surut, angin laut, dan ekosistem pantai (hutan bakau, *sand dunes*).
f. *Coastal area* adalah daratan pantai dan perairan pantai sampai kedalaman 100 atau 150 m (Sibayama, 1992).

Gambar 6-3 Definisi daerah pantai untuk keperluan rekayasa pantai (Yuwono, 1999)

Anatomi Tata Ruang Wilayah Pantai (Pesisir) ditunjukkan dalam Gambar 6-4.

Gambar 6-4. Ilustrasi batasan wilayah pesisir (Pernetta & Milliman, 1995 dalam Anggoro, 2008)

6.3 Samudera

Bumi ini memiliki empat samudra yang nantinya menyebabkan terbentuknya benua–benua yang kita tinggali sekarang. Air yang berada di ke empat samudra tersebut saling mengalirkan airnya. Keempat samudera tersebut adalah Samudera Pasifik, Atlantik, Hindia dan Arktika. Perbandingan luas empat samudera yang ada di bumi dapat dilihat pada Tabel 6-1 dan Gambar 6-5 (Oliver, 2004).

Tabel 6-1. Perbandingan Luas Samudera di Bumi

Nama Samudra	Luas (juta km^2)	Kedalaman rata-rata (km)
Pasifik	166,242500	4,188
Atlantik	86,557800	3,735
Hindia	73,427795	3,872
Arktika	13,230000	1,038

Gambar 6-5. Perbandingan Luas Samudera di Bumi
(Oliver, 2004)

Dari grafik tersebut dapat kita lihat bahwa samudra pasifik merupakan samudra terbesar (49 %) dan terdalam, luasnya hampir sama dengan gabungan tiga samudra lainnya. (Matthews, 2005). Karena kedalaman samudra pasifik yang sangat dalam jika kita umpamakan gunung tertinggi di dunia yaitu Mount Everest di tenggelamkan di samudra pasifik, maka akan tenggelam tanpa bekas. Samudra pasifik memiliki kedalaman 10000 m, sedang Mount Everest memiliki ketinggian 8848 m (Oliver, 2004 dan Malam, 2005).

Dasar suatu laut tidak rata, di dalamnya terdapat bukit, lembah, pegunungan yang tinggi, serta palung yang dalam. Palung terdalam yang ada di dalam laut yang merupakan titik terdalam dari permukaan bumi adalah Palung Mariana di dasar Samudra Pasifik, di bagian Barat Filipina, di mana kedalaman palung tersebut mencapai 11.033 meter dibawah permukaan laut (Malam, 2005 dan Matthews, 2005). Sedang pegunungan terpanjang di dunia yang berada dibawah permukaan laut adalah Igir Atlantik Tengah berada di tengah dasar Samudra Atlantik dengan panjang 20.000 km. Menurut Matthews (2005) air laut terasa asin disebabkan karena jumlah mineral yang paling banyak terbawa oleh arus dari sungai ke laut adalah garam. Air laut juga mengandung perak, kalsium, belerang, dan juga emas (1juta ton air laut mengandung 4 gram emas).

6.4 Gelombang

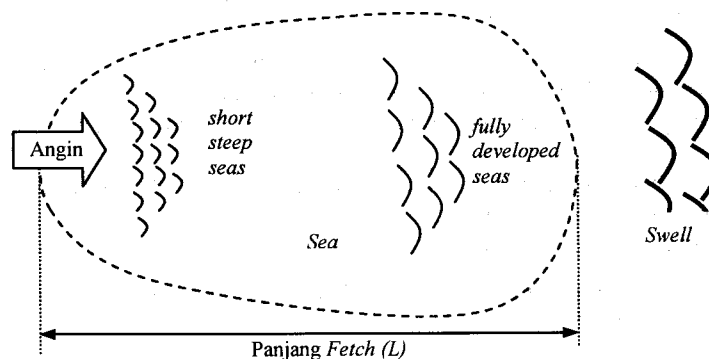
6.4.1 Gelombang Angin

Angin terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara, angin yang bertiup di atas permukaan air menyebabkan terjadinya gelombang. Gelombang angin adalah gelombang yang dibangkitkan oleh hembusan angin. Gelombang ini selalu terdapat di laut, danau ataupun *reservoir* (waduk). Oleh karena itu gelombang angin ini merupakan gelombang yang sangat penting berkaitan dengan proses morfologi pantai ataupun perencanaan bangunan maritim, seperti pemecah gelombang, tembok laut, tanggul laut, groin dan bangunan lepas pantai.

Angin yang bertiup mendorong air yang berada di permukaan laut menuju ke daratan di mana partikel airnya bergerak dalam pola lingkaran. Dalam perjalanannya menuju ke daratan air terdorong naik ke atas sehingga tercipta puncak gelombang. Namun akibat gravitasi bumi puncak gelombang tersebut jatuh kepermukaan air kembali yang kemudian disebut lembah gelombang. (Malam, 2005 dan Matthews, 2005). Saat gelombang semakin dekat ke daratan, pola lingkaran menjadi lebih kecil, gelombang menjadi lebih lambat, puncak gelombang melengkung, dan akhirnya gelombang pecah di pesisir (Malam, 2005). Ketika gelombang menabrak daratan, gelombang tersebut akan memecahkan daratan tersebut. Gelombang juga dapat menyebabkan pecahnya batuan / karang di pesisir pantai (Riley, 2005).

Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan oleh angin, dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembus angin (t_d), arah angin dan panjang *fetch* (F). *Fetch* adalah panjang daerah pembangkitan gelombang di mana kecepatan dan arah angin tersebut berhembus. Panjang *fetch* membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk terbentuk karena pengaruh angin, jadi mempengaruhi waktu untuk mentransfer energi angin ke gelombang. Panjang *fetch* ini berpengaruh pada periode, panjang dan tinggi gelombang yang dibangkitkan. Gelombang dengan periode relatif panjang akan terjadi jika panjang *fetch* besar.

6.4.2 Gelombang Laut dan Gelombang *Swell*

Pembentukan gelombang ditunjukkan dalam Gambar 6-6.

Gambar 6-6. Pembentukan Gelombang Angin (Sea dan Swell) (Yuwono, 1998)

Gelombang yang terjadi di daerah pembentukan (pembangkitan) disebut Gelombang *Sea*, sedangkan gelombang yang terbentuk tersebut setelah menjalar keluar dari daerah pembangkitan disebut gelombang *swell*. Gelombang *Sea* mempunyai ciri-ciri: spektrum energi gelombang dengan *broad banded* (sangat acak) dengan puncak gelombang tajam, dengan panjang gelombang berkisar antara 10 s/d 20 kali tinggi gelombang. Sedangkan ciri-ciri gelombang *Swell* adalah gelombang dengan spektrum energi *narrow banded* (band sempit), sehingga mendekati gelombang regular dengan tinggi berkisar 30 s/d 500 tinggi gelombang.

6.4.3 Gelombang Tsunami

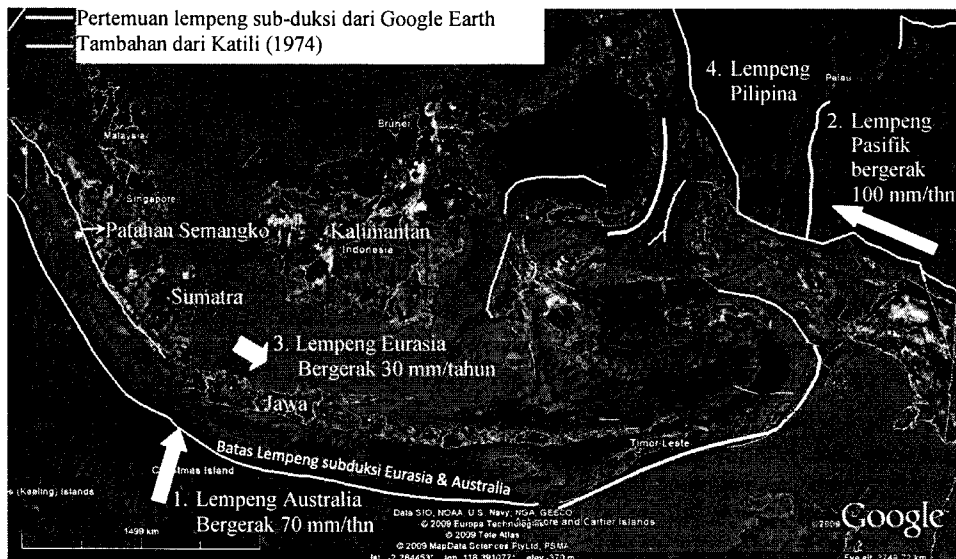
Tsunami berasal dari kata Jepang "tsu" pelabuhan/laut dan "nami" berarti gelombang. US Army Corps of Engineers (1990) mendefinisikan Tsunami sebagai gelombang laut gravitasi periode panjang yang ditimbulkan oleh gangguan seperti gerakan patahan, gempa, longsor, jatuhnya benda-benda langit (meteor), letusan gunung berapi di bawah laut dan letusan (*exploison*) di dekat muka air laut. Istilah Tsunami ini jadi populer untuk membedakan dengan gelombang-gelombang yang umum terjadi. Kadang-kadang disebut Gelombang Pasang oleh masyarakat umum dan Gelombang Laut Seismik (akibat gempa bumi) oleh komunitas ilmuwan.

"Gelombang Pasang" istilah yang kurang tepat, meskipun pengaruh Tsunami yang melanda pantai berupa gelombang pasang saat Tsunami menyerang (Guntoro dan Djamaluddin, 2005). Gelombang Tsunami terbentuk oleh gerakan patahan, longsor, maupun aktivitas gunung api di bawah laut. Pasang dihasilkan oleh pengaruh ketidakseimbangan, *extraterrestrial*, gravitasi dari bulan, matahari dan planet. Istilah "gelombang laut seismik (akibat gempa bumi)" juga menyesatkan. Seismik termasuk gempa bumi yang berhubungan dengan mekanisme generasi, tetapi Tsunami dapat juga disebabkan oleh kejadian nonseismik, seperti tanah longsor (*landslide*) atau pengaruh meteor.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, Tsunami adalah gelombang laut dahsyat (gelombang pasang) yang terjadi karena gempa bumi atau letusan gunung api dasar laut (Salim, 1997). Gempa tektonik di dasar laut merupakan penyebab paling dominan terjadinya Tsunami.

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 6-7 Indonesia merupakan tempat pertemuan empat buah lempeng tektonik, yaitu (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2004; USGS dalam Louie, 2001; Dewey, 1972 dalam Keller, 1979):

1. Lempeng Hindia–Australia bergerak ke arah Utara dengan kecepatan 5 sampai 7 cm/tahun, sebagian besar terdiri dari Samudra Hindia dan hanya terdapat pulau-pulau kecil di sana.
2. Lempeng Pasifik bergerak ke Barat dengan kecepatan 10 cm/tahun, terdapat pulau Maluku, Sulawesi, dan Irian.
3. Lempeng Eurasia bergerak ke arah Timur-Tenggara dengan kecepatan 0 sampai 3 cm/tahun, terdapat Pulau Jawa, Kalimantan dan Sumatera.
4. Lempeng Philipina bergerak ke arah Barat

Secara tiga dimensi untuk pertemuan lempeng di wilayah Barat Sumatra dan wilayah Selatan Jawa diilustrasikan dalam Gambar 6-8.

Gambar 6-7. Pertemuan lempeng yang menyebabkan gempa yang berpotensi menimbulkan Tsunami (Dep. Energi & SD Mineral, 2004; USGS dalam Louie, 2001; Dewey, 1972 dalam Keller, 1979; Google Earth; Katili, 1974)

Gambar 6-8. Gambaran pertemuan Lempeng Eurasia dan Lempeng Australia di Samudra Indonesia di pantai Barat Sumatra dan Selatan Jawa (Steele, 1999 dengan modifikasi)

Panjang gelombang Tsunami, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan bisa mencapai 200 km. Di lokasi pembentukan Tsunami (daerah episentrum gempa) tinggi gelombang Tsunami diperkirakan antara 1,0 m dan 2,0 m. Selama penjalaran dari tengah laut (pusat terbentuknya Tsunami) menuju pantai tinggi gelombang menjadi semakin besar karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Setelah sampai di pantai gelombang naik (*run-up*) ke daratan yang bisa menghancurkan kehidupan di daerah pantai. Kembalinya air ke laut setelah mencapai puncak gelombang (*run-down*) bisa menyeret segala sesuatu kembali ke laut (Kodoatie & Sjarief, 2006).

Secara lebih sederhana Yuwono (2006) menjelaskan proses Tsunami sebagai berikut. Energi Tsunami (relatif) konstan dan terdiri dari energi kinetis yang berpengaruh kepada kecepatan dan energi potensial yang berpengaruh kepada tinggi gelombang. Di laut dalam kecepatan tinggi bisa mencapai ratusan sampai ribuan km/jam namun tinggi gelombang rendah (1 sampai 2 m) tergantung kedalaman laut. Mendekati pantai dengan kedalaman laut dangkal kecepatan turun drastis namun gelombang menjadi tinggi.

Dengan kata lain gelombang dengan ketinggian hanya 1 sampai 2 meter (misalnya) di laut atau perairan dalam namun kecepatannya bisa melebihi kecepatan pesawat terbang. Namun ketika gelombang mencapai laut (perairan) dangkal di pantai, kecepatannya akan sangat berkurang namun tinggi gelombang akan menjadi puluhan meter. Ketinggian gelombang inilah yang menimbulkan kerusakan dahsyat di pantai.

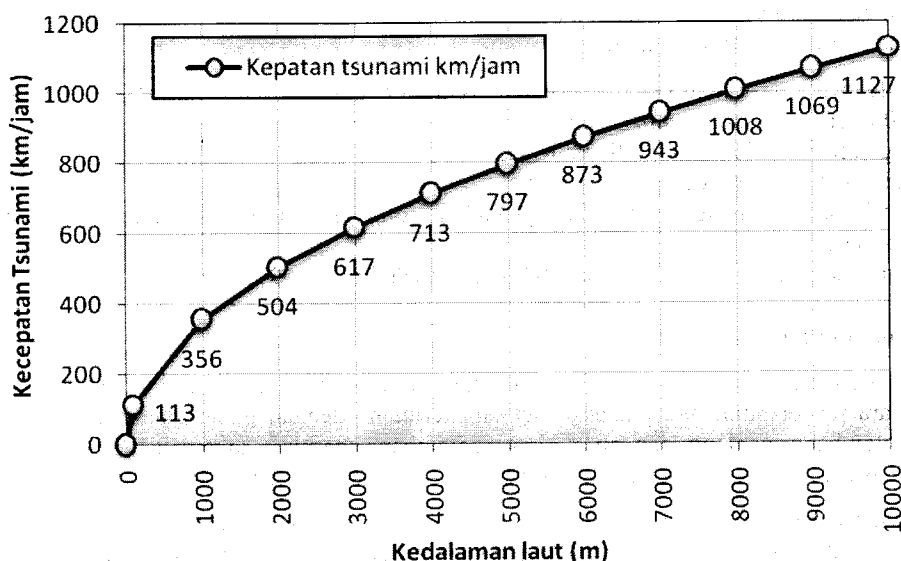
Uraian tersebut ditunjukkan dalam Gambar 6-9.

Lukisan ini menggambarkan Tsunami yang akan melanda pemukiman di pantai, sebagai hasil dari gempa bumi yang terjadi di dasar samudra. Di tengah samudra, Tsunami bergerak sangat cepat dengan puncak gelombang setinggi satu atau dua meter, tetapi jarang terdeteksi. Saat mencapai perairan yang dangkal (dekat pantai) kecepatannya menjadi lebih pelan namun gelombangnya menjadi semakin tinggi, bisa mencapai lebih dari 25 m. Gelombang inilah yang menimbulkan kerusakan dahsyat di daerah pantai.

Gambar 6-9. Gelombang Tsunami yang ditimbulkan akibat gerakan lempeng 1 dan 2 (Barber, 1999 dengan modifikasi)

Tsunami dapat diakibatkan oleh berbagai hal yang menyebabkan pemindahan masa air yang sangat besar dari kondisi equilibriumnya (seimbang). Pada beberapa kasus Tsunami yang pernah terjadi,

penyebabnya adalah gempa bumi, kenaikan kolom air atau penurunan dasar laut, dan atau longsoran *submarine*. Pada umumnya, letusan gunung berapi yang hebat pada daerah pesisir (*submarine*) dapat juga menimbulkan kekuatan impulsif yang menaikan kolom air dan mengakibatkan Tsunami. Sebaliknya, gerakan tanah pada *supermarine* dan pengaruh tabrakan kosmik (seperti meteor) mengganggu air dari sisi atas, seperti momentum jatuhnya runtuhan benda-benda ke dalam air.

Cepat rambat gelombang Tsunami tergantung pada kedalaman laut. Cepat rambat gelombang dapat didekati dengan persamaan sederhana $c = \sqrt{gy}$, di mana: g = gravitasi = 9,8 m/detik^2 dan y = kedalaman laut (m). Berdasar persamaan tersebut maka semakin besar kedalaman laut semakin besar kecepatan rambatnya. Untuk berbagai kedalaman laut, cepat rambat gelombang ditunjukkan dalam Gambar 6-10.

Gambar 6-10. Hubungan kecepatan Tsunami dan kedalaman laut

Gelombang Tsunami dapat menimbulkan bencana di daerah yang sangat jauh dari pusat terbentuknya. Sebagai contoh, gelombang Tsunami yang disebabkan oleh letusan Gunung Krakatau di Selat Sunda pada Tahun 1883, pengaruhnya menjalar sampai ke pantai Timur Afrika. Bencana yang ditimbulkan adalah 36.000 jiwa tewas, terutama di pantai Sumatera dan Jawa yang berbatasan dengan Selat Sunda. Tsunami yang terjadi karena gempa bumi di Flores pada Tahun 1992 ditimbulkan oleh gempa dan mengakibatkan lebih dari 2.000 orang meninggal.

Gelombang terbesar yang pernah terjadi setinggi 34 meter pada Tahun 1933, gelombang tersebut terjadi di lautan terbuka (Matthews, 2005). Gelombang terkuat disebut juga gelombang tidal, gelombang ini juga dapat menyebabkan munculnya gelombang Tsunami. Gelombang ini terjadi ketika dibawah air terjadi gempa bumi yang menimbulkan gelombang gempa yang sangat dahsyat. Gelombang gempa tersebut menimbulkan sebuah dinding air yang melintasi permukaan laut. Gempa Tsunami terbesar

pernah melanda di kepulauan Ryuku di Jepang pada Tahun 1771, besarnya 5 kali lebih tinggi dari Patung Liberty (Riley, 2005).

Pencatatan gelombang Tsunami di Indonesia belum banyak dilakukan. Jepang sebagai negara yang sering mengalami serangan Tsunami telah banyak melakukan penelitian dan pencatatan gelombang Tsunami. Telah dikembangkan suatu hubungan antara tinggi gelombang Tsunami di daerah pantai (H) dan besaran Tsunami (m). Besaran Tsunami bervariasi mulai dari m = -2,0 yang memberikan tinggi gelombang kurang dari 0,3 m sampai m = 5 untuk gelombang lebih besar dari 32 m.

Kejadian Tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi di laut tergantung pada beberapa faktor berikut ini:

1. Kedalaman pusat gempa (episentrum) di bawah dasar laut h (km).
2. Kekuatan gempa M yang dinyatakan dalam skala Richter.
3. Kedalaman air di atas episentrum d (m).

Selain itu syarat-syarat terjadinya Tsunami (Guntoro dan Djamaluddin, 2005; Diposaptono dan Budiman, 2006 dan beberapa sumber lainnya):

- Kekuatan gempa bumi lebih dari 6 Skala Richter.
- Ada pergerakan kulit bumi dalam arah vertikal.
- Pergerakan kulit bumi tersebut harus menghasilkan deformasi dasar laut secara vertikal cukup besar (lebih besar dari 2 m).
- Kedalaman pusat gempa tidak lebih dari 80 kilometer (Sudrajat, 1997).

6.4.4 Gelombang Pasang Surut

Gelombang pasang surut adalah gelombang atau fluktuasi muka air yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara planet bumi dan planet-planet lain terutama dengan bulan dan matahari. Pasang surut termasuk gelombang panjang dengan periode gelombang berkisar antara 12 dan 24 jam. Puncak gelombang pasang surut biasa disebut air pasang (*high tide*) dan lembahnya disebut air surut (*low tide*).

Pasang surut dan pasang naik pada air laut dalam 24 jam 50 menit terjadi sebanyak 2 kali. Pasang terjadi karena tarikan/ gravitasi bulan yang menaikkan air dari bagian permukaan Bumi yang menghadap ke arahnya. Pasang surut terjadi ketika bulan berada tepat di atas kepala kita, gravitasi menarik laut ke arahnya, sehingga menyebabkan gembungan gelombang yang menjauhi pantai. Pasang surut ini menyebabkan ketinggian air laut ini menurun. Sedangkan pasang naik terjadi ketika bumi berotasi, gembungan gelombang mengikuti posisi bulan terhadap bumi. Pasang naik menyebabkan ketinggian air meningkat (Matthews, 2005 dan Oliver, 2004).

Bulan mengelilingi bumi sekitar 29 hari dan keduanya mengelilingi matahari selama 365,2 hari. Orbit bulan mengelilingi bumi dan bumi mengelilingi matahari berbentuk elips, sehingga menghasilkan gaya gravitasi maksimum dan minimum. Sumbu perputaran bumi membentuk sudut terhadap luasan orbit bumi mengelilingi matahari dan juga membuat sudut terhadap luasan orbit bulan mengelilingi bumi. Konsekuensinya gaya gravitasi pembangkitan gelombang pasang surut yang terjadi di suatu tempat di permukaan bumi sangat terantung posisi bulan, bumi dan matahari. Bilamana bulan, bumi dan matahari terletak pada satu garis maka akan terjadi pasang purnama (*spring tide*) dan bilamana bulan, bumi dan matahari membentuk sudut 90 derajat maka akan terjadi pasang perbani (*neap tide*).

Pasang besar terjadi dua kali dalam sebulan, hal ini terjadi ketika bulan, bumi, dan matahari berada dalam kedudukan satu garis. Pasang naik yang besar ini terjadi karena kekuatan matahari dan bulan menyatu. Sedangkan pasang surut yang besar terjadi ketika bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus terhadap bumi, sehingga kekuatan matahari berlawanan dengan kekuatan bulan (Oliver, 2004).

Tabel 6-2. Tujuh Komponen Konstituen Gelombang Pasang Surut

No	Sumber/Konsituen	Simbol	Periode	Relatif Amplitudo
1	Main Lunar, semi diurnal	M_2	12,42	100.00 %
2	Main Solar, semi diurnal	S_2	12,00	46,60
3	Lunar Eliptic, semidiurnal	N_2	12,66	19,20
4	Lunar Solar, semidiurnal	K_2	11,97	12,70
5	Lunar- Solar, diurnal	K_1	23,93	58,40
6	Main Lunar, diurnal	O_1	15.86	41,50
7	Main Solar, diurnal	P_1	24.07	19,40

Pasang surut di beberapa daerah tidak sama, tergantung lokasi dan waktunya. Secara umum pasang surut dapat dibedakan menjadi empat macam yaitu: (a) pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), (b) pasang surut harian ganda (*semi diurnal*), (c) pasang surut campuran condong ke harian tunggal, dan (d) pasang surut campuran condong ke harian ganda.

Pasang surut harian tunggal adalah pasang surut yang terjadi satu kali sehari, yaitu sekali pasang dan sekali surut. Pasang surut ini mempunyai periode sekitar 24 jam 50 menit. Sedangkan pasang surut harian ganda adalah pasang surut yang terjadi dua kali dalam sehari, dua kali pasang dan dua kali surut. Periode pasang surut ini sekitar 12 jam 24 menit.

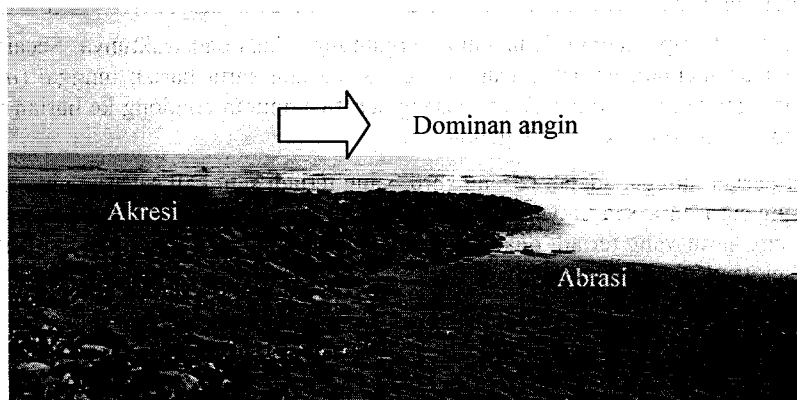
Posisi muka air laut akibat pasang surut ini sangat penting untuk perencanaan bangunan pantai.

6.5 Akresi dan Abrasi

Abrasi adalah suatu proses perubahan bentuk pantai atau erosi pantai yang disebabkan oleh gelombang laut, arus laut dan pasang surut laut. Abrasi yang terjadi terus menerus akan menimbulkan kerusakan lingkungan (http://www.e-dukasi.net/pengpop/ppfull.php? ppid=281&fname=semua.html).

Penyebab abrasi karena faktor alam dan atau faktor manusia.Proses terjadinya abrasi karena faktor alam disebabkan oleh angin yang bertiup di atas lautan yang menimbulkan gelombang dan arus laut mempunyai kekuatan untuk mengikis daerah pantai. Gelombang yang tiba di pantai dapat menggetarkan tanah atau batuan yang lama kelamaan akan terlepas dari daratan. Contoh abrasi karena faktor alam, misalnya adalah Pura Tanah Lot di pulau Bali yang terus terkikis (http://www.e-dukasi.net/pengpop/pp_full.php? ppid=281&fname=se mua.html).

Faktor manusia, misalnya kegiatan penambangan pasir, kegiatan reklamasi. Penambangan pasir sangat berperan banyak terhadap abrasi pantai, baik di daerah tempat penambangan pasir maupun di daerah sekitarnya karena terkurasnya pasir laut akan sangat berpengaruh terhadap kecepatan dan arah arus laut yang menghantam pantai (http://www.e-dukasi.net/pengpop/pp _full.php? ppid=281&fname=semua. html). Contoh terkikisnya daerah pantai, terjadinya abrasi dan akresi ditunjukkan dalam Gambar-Gambar 6-11 dan 6-12.

Gambar 6-11. Daerah pantai yang terkikis (tererosi) akibat gelombang dan kondisi tanah

Gambar 6-12. Contoh abrasi dan akresi

6.6 Wilayah Pengelolaan

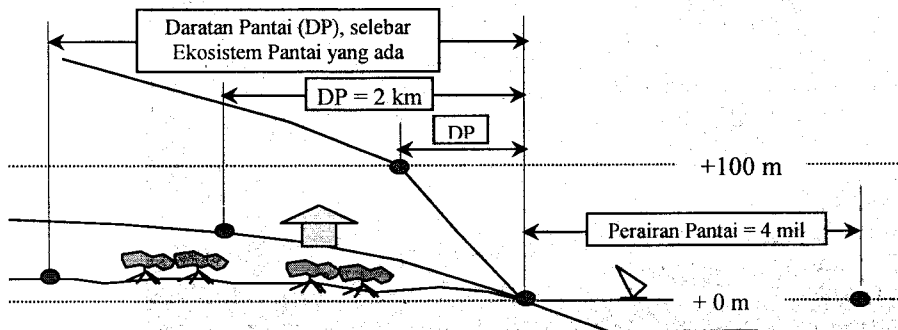
Dalam rangka pengelolaan daerah pantai, di beberapa negara telah mempunyai batas pengelolaan yang ditetapkan oleh negara yang bersangkutan (Dahuri dkk., 1996). Batas pengelolaan daerah pantai di negara-negara tersebut diantaranya adalah:

a. Brazil: batas arah darat 2 km; batas arah laut 12 km.
b. USA (California): batas arah darat 1 km (1972-1976), setelah Tahun 1976 batas menyesuaikan dengan isu yang ada; batas arah laut 3 mil laut.
c. Israel: batas arah darat 1 s/d 2 km (tergantung sd alam setempat); batas arah laut 500 m.
d. China: batas arah darat 10 km; batas arah laut sampai kedalaman 15 m.
e. Australia (Queensland): batas arah darat 400 m, dan batas arah laut 3 mil laut

Konsep pengelolaan daerah pantai dalam rangka otonomisasi (Yuwono, 1998 dan 1999):

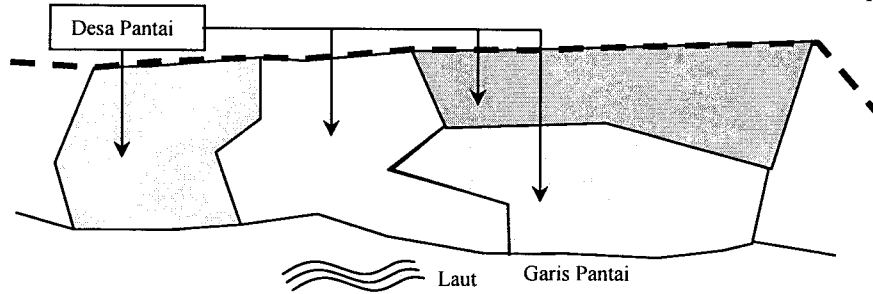
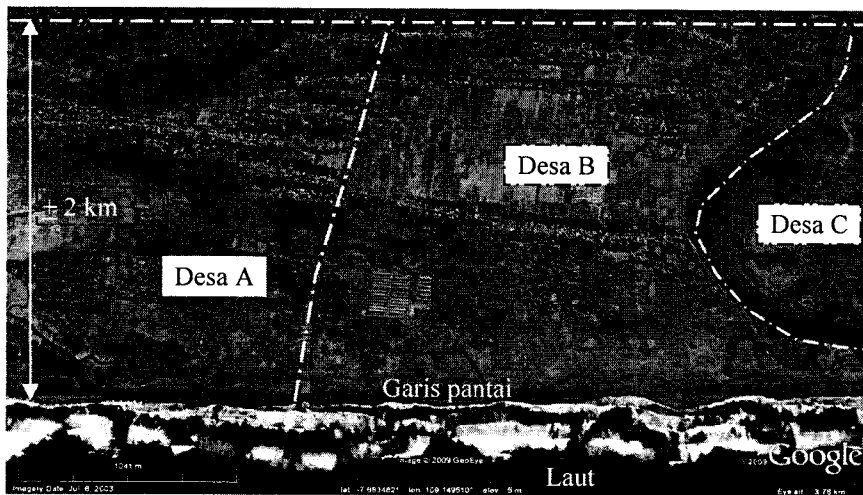
1. **Wilayah pengelolaan**
   a. Batas perairan dari garis pantai sejauh 4 mil laut (± 7,50 km).
   b. Sempadan pantai:
      - Daerah pedesaan, perkebunan = 100 m
      - *Buffer zone* hutan mangrove = 1,30 p (dari m.a.t.)
      - Daerah perkotaan, daerah bisnis 50 sd 100 m
   c. Daratan pantai:
      - Daratan pantai: daratan yang berada di bawah elevasi + 100 m (MSL).
      - Pada daerah permukiman, perkotaan, industri, perkebunan dan pertanian, daratan pantai ditentukan maksimum selebar 2 km dari garis pantai pada saat muka air tinggi.
      - Untuk daerah berawa, hutan mangrove dan *sand dunes,* daratan pantai ditentukan selebar rawa/hutan mangrove/sand dunes tersebut, atau maksimum 2 km dari garis pantai bilamana tebal rawa/hutan mangrove/*sand dunes* tersebut kurang dari 2 km.

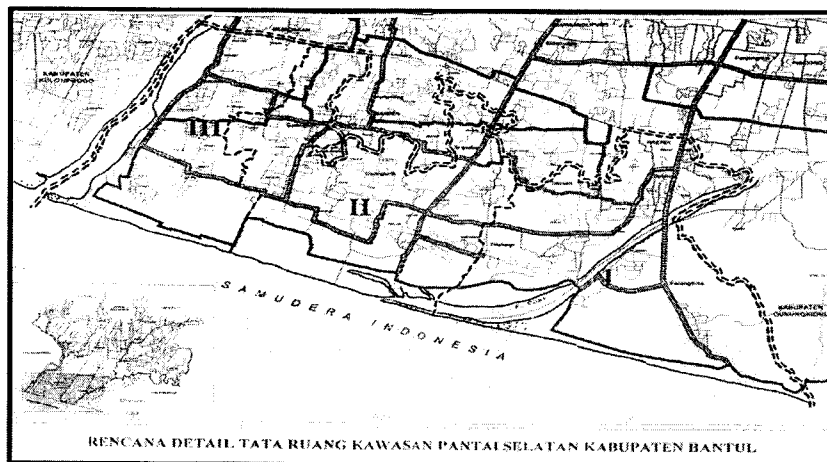
2. **Satuan Wilayah Pengelolaan Daerah Pantai (SWPDP)**

Berdasarkah naskah akademik pengelolaan wilayah pesisir (Dirjen Pesisir dan Pulau-pulau Kecil, 2001) batasan wilayah pesisir belum mendapatkan kesepakatan, mengingat karakteristik wilayah pesisir terdiri dari banyak unsur dan sangat kompleks. Sehingga batasan wilayah pesisir belumlah dapat dijabarkan, namun telah tercapai kesepakatan bahwa batasan wilayah pesisir dapat didekati dengan pendekatan ekologis, administrasi dan perencanaan. Batasan Daratan Pantai dan Perairan Pantai ditunjukkan dalam Gambar 6-13.

Gambar 6-13. Batasan Daratan Pantai dan Perairan Pantai (Yuwono, 1999)

Satuan Wilayah Pengelolaan Daerah Pantai (SWPDP) yang diusulkan untuk dapat dipergunakan adalah Satuan Wilayah Administrasi tingkat Kab/Kota, sedangkan Tingkat Provinsi berperan sebagai koordinator dan berfungsi sebagai pengambil kebijakan untuk pengelolaan tingkat Kab/Kota. Pertimbangan utama pemilihan SWPDP pada tingkat Kab/Kota karena pada tingkat kab/kota tersebut:

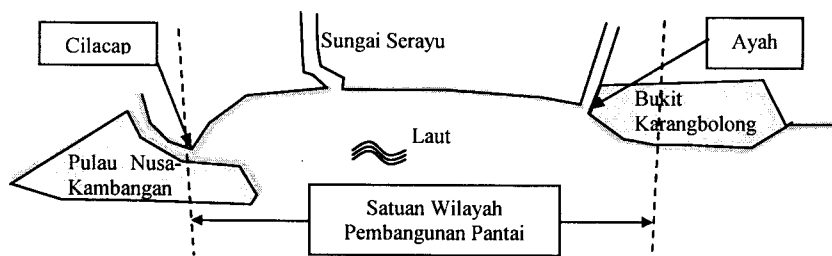
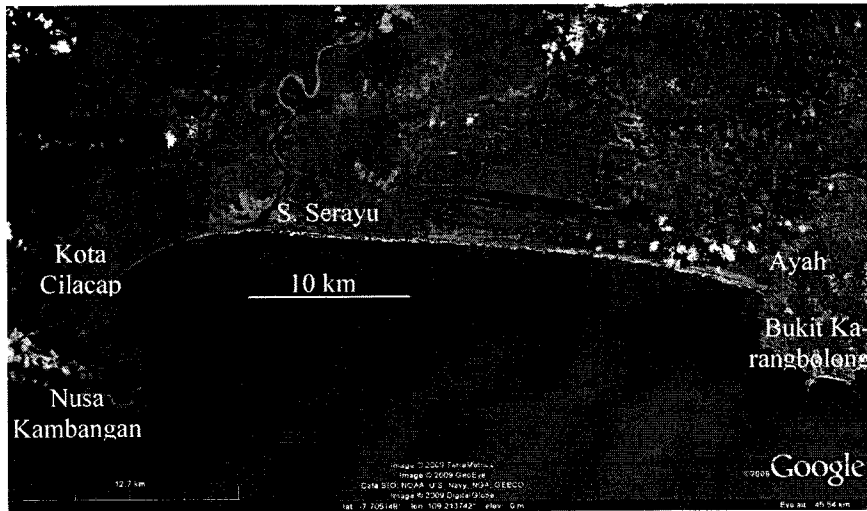
- telah memiliki perangkat institusi yang lengkap (dinas-dinas, Bappeda, dll),
- mempunyai SDM yang memadai untuk keperluan pengelolaan daerah pantai,
- mempunyai perangkat hukum dan kewenangan yang cukup kuat, terutama dalam era otonomi daerah.

Sedangkan wilayah administrasi yang paling dekat dengan pantai adalah desa pantai. Pemanfaatan desa pantai sebagai wilayah pesisir merupakan suatu alternatif yang sangat rasional. Batas wilayah pesisir yang ke arah daratan sekitar 2 km seperti yang diuraikan di depan, dapat digantikan dengan selebar wilayah desa pantai. Apabila batas wilayah dengan satu desa pantai dirasakan masih terlalu sempit dapat digunakan dua desa. Gambar 6-14 dan Gambar 6-15 menunjukkan desa di daerah pantai atau pesisir.

a. Sketsa desa pantai

b. Contoh desa pantai

Gambar 6-14. Sketsa dan contoh desa pantai yang relevan untuk dipertimbangkan sebagai daratan pesisir, yang lebarnya kurang lebih 2 Km

Gambar 6-15. Contoh Pemakaian Desa Pantai dalam Pengelolaan Daerah Pantai

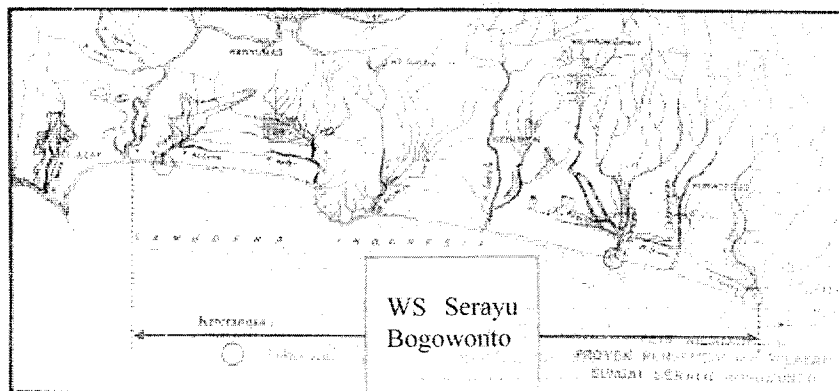
3. **Satuan Wilayah Pembangunan Pantai (SWPP)**

Satuan Wilayah Pembangunan Pantai (SWPP) adalah satuan wilayah yang dipergunakan untuk mengkaji bilamana pada suatu pantai akan dibangun atau dikembangkan. SWPP ditentukan berdasarkan pergerakan sedimen atau dengan pendekatan sel sedimen pantai. Bilamana ada pembangunan di satuan wilayah pembangunan pantai, maka pembangunan tersebut hanya akan berdampak pada wilayah itu saja, sehingga dampak pembangunan tidak akan mencapai di luar satuan wilayah pembangunan tersebut (lihat Gambar 6-16). Untuk menentukan pengaruh dampak ini terutama akan didasarkan pada dampak yang diakibatkan karena adanya gangguan pada gerakan sedimen (*coastal process*). Suatu pembangunan biasanya akan menggangu gerakan sedimen, dan gangguan ini akan menyebabkan erosi atau akresi pada daerah lain. Agar gangguan ini dapat terdeteksi dengan baik maka kajian harus dilakukan pada Satuan Wilayah Pembangunan Pantai (SWPP) tersebut. Luasan atau batasan satuan wilayah pembangunan pantai adalah ditandai dengan:

a. Wilayah antara *head land* dengan *head land*
b. Wilayah antara tanjung dengan tanjung
c. Seluruh wilayah pantai pada pulau sangat kecil (< 10 km^2)

a. Skema Satuan Wilayah Pembangunan Pantai (SWPP)

b. SWPP Cilacap-Ayah

Gambar 6-16. Contoh SWPP Cilacap-Ayah (Yuwono & Kodoatie, 2004; Google Earth, 2009)

4. **Satuan Wilayah Pengelolaan Daerah Pantai Berdasar Wilayah Sungai**

Satuan Wiayah Pengelolaan Pantai dapat pula didekati dengan Wilayah Sungai (WS). Pendekatan ini sangat cocok untuk pengelolaan wilayah pantai yang dilakukan oleh Departemen Pekerjaan Umum, Cq. Direktorat Sumber Daya Air, Direktorat Rawa dan Pantai. Pendekatan dilakukan dengan ICARM (*Integrated Coastal Area And River Basin Management*) dengan pengelolaan pantai (*Coastal Zone Management*) dengan pengelolaan daerah aliran sungai (*River Basin Management*). Saat ini operasional kegiatan pengelolaan sumber daya air di wilayah pantai, sudah dilakukan oleh SNVT Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai di masing-masing Satuan Wilayah Sungai. Sebagai contoh satuan Wilayah Pengelolaan Daerah Pantai WS Serayu-Bogowonto ditunjukkan dalam Gambar 6-17.

Gambar 6-17. Satuan Wilayah Pengelolaan Daerah Pantai Berdasarkan WS (Yuwono & Kodoatie, 2004)

6.7 Konsep Dasar Pengelolaan Pantai Terpadu

Menurut Cicin-Sain (1993), pengelolaan pantai perlu dilakukan secara menyeluruh dan terpadu meliputi:

1. Keterpaduaan antara sektor; sektor laut (perikanan, perlindungan biota laut, pariwisata pantai, pembangunan pelabuhan) dan sektor darat (pertanian).
2. Keterpaduan antara sisi darat dan air dari zona pantai.
3. Keterpaduan antara tingkatan dalam pemerintah (nasional, subnasional, lokal).
4. Keterpaduan antar negara.
5. Keterpaduan berbagai disiplin (misal: ilmu alam, ilmu sosial, dan teknik).

Pembangunan atau pengembangan daerah pantai tidak dapat dipisahkan dari pengelolaan wilayah pesisir terpadu (*Integrated Coastal Zone Management*). Dalam rangka pembangunan wilayah pantai termasuk pemanfaatan wilayah pantai harus didekati dengan konsep pengelolaan wilayah pesisir terpadu dan berkesinambungan. Pengelolaan wilayah pesisir terpadu dimaksudkan untuk mengkoordinasikan dan mengarahkan berbagai aktivitas perencanaan dan pembangunan yang dilakukan di wilayah pesisir. Pengembangan wilayah pesisir tidak boleh secara sektoral. Sedangkan berkesinambungan dapat diartikan sumber daya pesisir yang ada dapat dimanfaatkan baik untuk keperluan saat ini maupun untuk masa yang akan datang (Yuwono, 1998). Sehingga konsep perencanaan dan pembangunan wilayah pesisir secara terpadu dan berkesinambungan berarti adanya perencanaan atau pembangunan kawasan pesisir yang mengkoordinasi dan mengarahkan berbagai aktivitas yang ada di wilayah pesisir tersebut untuk dapat dimanfaatkan baik pada saat ini maupun masa yang akan datang.

Prinsip-prinsip keterpaduan dapat diartikan sebagai berikut (Dirjen Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, 2001; Yuwono, 1999):

a. Keterpaduan perencanaan sektor secara horisontal

Perencanaan harus memadukan berbagai sektor kepentingan. Prinsip pengembangan diutamakan untuk pemanfaatan pesisir (daerah pantai) yang lestari dengan memprioritaskan potensi unggulan daerah pantai, sedangkan sektor-sektor lain diusahakan untuk mendukung potensi unggulan.

b. Keterpaduan perencanaan secara vertikal

Keterpaduan arah vertikal diartikan bahwa pengelolaan daerah pantai baik dari tingkat desa sampai dengan kecamatan, kabupaten/kota, provinsi hingga nasional biasanya berupa bingkai, rambu-rambu atau pedoman-pedoman yang harus dipakai sebagai dasar pengembangan tingkat bawahnya. Dari uraian tersebut tergambar bahwa pengelolaan daerah pantai di tingkat bawah tidak boleh bertentangan dengan tingkat atasnya, dan justru harus merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan.

c. Keterpaduan antara ekosistem darat dan laut

Daerah pantai (pesisir) merupakan daerah peralihan antar ekosistem darat dan laut. Oleh karena itu pengembangan yang terdapat di daerah pantai diusahakan tidak akan merusak ekosistem laut atau darat. Demikian pula pembangunan di darat atau di laut diharapkan tidak merusak kawasan pesisir.

d. Keterpaduan antara ilmu pengetahuan dan manajemen

Pengembangan wilayah pesisir harus didasarkan pada input data dan informasi ilmiah yang memberikan berbagai alternatif rekomendasi bagi pengambil keputusan yang relevan, sesuai karakter daerah. Oleh karena itu dalam suatu wilayah pantai harus tersedia data yang akurat mengenai berbagai hal seperti hidro-oseanogafi, potensi daerah pantai, permaslahan daerah pantai, sarana prasarana, ekosistem

pantai, lingkungan hidup dan sebagainya, sehingga dalam mengambil suatu keputusan yang terkait dengan pengelolaan daerah pantai dapat tepat dan tidak menimbulkan permasalahan yang pelik.

e. Keterpaduan antara kepentingan ekonomi, lingkungan dan masyarakat

Tujuan akhir pengembangan kawasan pesisir adalah untuk mendapatkan manfaat bagi masyarakat dan negara. Oleh karena itu dalam mengambil keputusan pengembangan kawasan pesisir harus dikaji dengan mendalam mengenai kelayakan pengembangan kawasan tersebut baik dari sudut ekonomi, kerusakan lingkungan maupun manfaat buat masyarakat setempat.

Pembangunan dan pengembangan daerah pantai berwawasan lingkungan, berarti membangun pantai dengan memperhitungkan keadaan lingkungan dan jangan sampai pembangunan tersebut merusak lingkungan. Ada dua pengertian utama pembangunan daerah pantai berwawasan lingkungan yang harus dipegang oleh pembuat keputusan, yaitu:

a. Pembangunan dan pengembangan daerah pantai harus jalan terus untuk sebesar-besarnya kemakmuran dan kepentingan masyarakat. Jangan sampai kita takut membangun karena khawatir akan terjadi perubahan lingkungan; yang kita takutkan adalah pembangunan yang merusak lingkungan.
b. Pembangunan dan pengembangan wilayah pantai harus menguntungkan dari sudut ekonomis, bermanfaat buat masyarakat sekitar dan tidak menimbulkan kerusakan lingkungan.

Konsep pengelolaan daerah pantai memadukan berbagai kepentingan dan sektor sehingga terjadi sinergi dan saling menguntungkan. Pengelolaan ini biasa disebut dengan pengelolaan daerah pantai terpadu dan berkesinambungan. Secara terperinci konsep tersebut di atas dijabarkan menjadi tiga kegiatan operasional yaitu (Post and Lundinm, 1996):

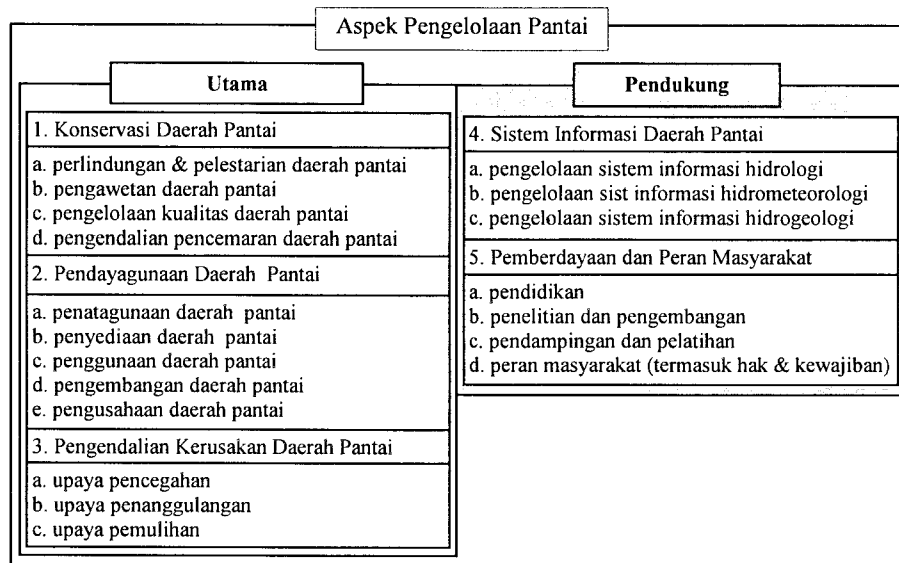
a. Meningkatkan kemampuan pengelolaan daerah pantai melalui pendidikan, penambahan staf dan penyuluhan;
b. Melakukan perlindungan dan pengamanan ekosistem pantai, termasuk di dalamnya adalah keragaman biologi pantai dan hasil produksi daerah pantai.
c. Mempromosikan pengembangan sumber daya pantai secara rasional dan berkesinambungan.

Ketiga kegiatan tersebut sesuai dengan arti pengelolaan pantai yang disampaikan oleh Gayo (1992), yaitu meliputi tiga aspek: aspek pembinaan dan pengawasan, aspek pembangunan dan pengembangan serta aspek perlindungan dan pengamanan. Dalam pengelolaan daerah pantai perlu dilakukan secara khusus dengan menggunakan pendekatan ekosistem dan sedapat mungkin dihindari pembangunan yang berorientasi sektoral.

6.8 Pengelolaan Wilayah Pesisir

Aspek Pengelolaan Daerah Pantai dikaitkan dengan UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air adalah:

a. Konservasi Daerah Pantai
b. Pendayagunaan Daerah Pantai
c. Pengendalian Kerusakan Daerah Pantai
d. Sistem Informasi Daerah Pantai
e. Pemberdayaan dan Peran Masyarakat (*Stakeholder*)

Secara skematis aspek-aspek pengelolaan pantai ditunjukkan dalam Gambar 6-18.

Gambar 6-18. Aspek Pengelolaan Pantai dikaitkan dengan UU No 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air

Pengelolaan WP & PPK berdasarkan UU No 27 Tahun 2007 adalah suatu proses perencanaan, pemanfaatan, pengawasan, dan pengendalian Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil antarsektor, antara Pemerintah dan Pemerintah Daerah, antara ekosistem darat dan laut, serta antara ilmu pengetahuan dan manajemen untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Beberapa definisi berdasar UU No 27 Tahun 2007 ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 6-3. Beberapa definisi berdasar UU No 27 Tahun 2007

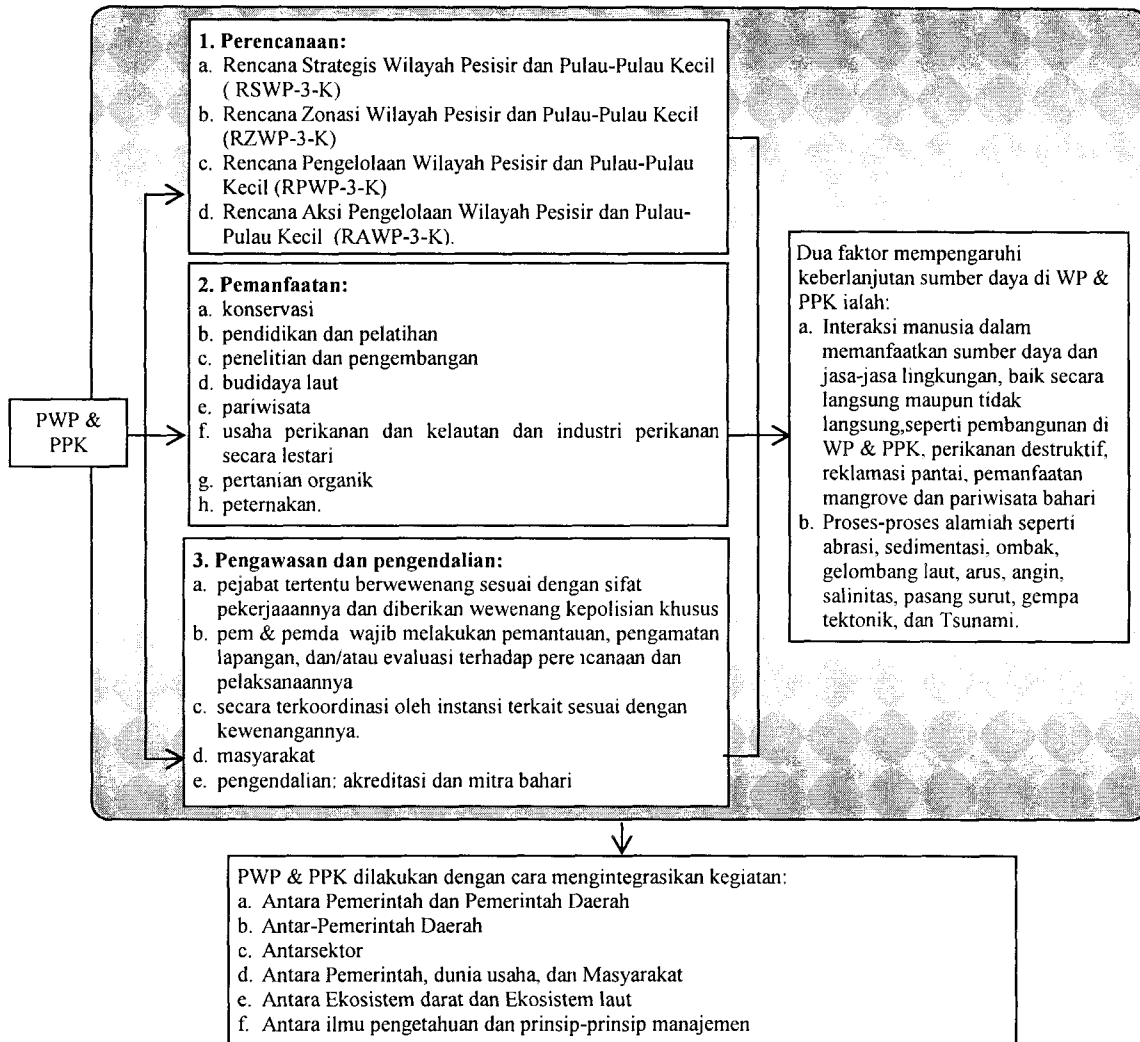
Wilayah Pesisir adalah daerah peralihan antara Ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut.	Pulau Kecil adalah pulau dengan luas lebih kecil atau sama dengan 2.000 km2 (dua ribu kilometer persegi) beserta kesatuan Ekosistemnya.
Rencana Strategis adalah rencana yang memuat arah kebijakan lintas sektor untuk Kawasan perencanaan pembangunan melalui penetapan tujuan, sasaran dan strategi yang luas, serta target pelaksanaan dengan indikator yang tepat untuk memantau rencana tingkat nasional.	Rencana Zonasi adalah rencana yang menentukan arah penggunaan sumber daya tiap-tiap satuan perencanaan disertai dengan penetapan struktur dan pola ruang pada Kawasan perencanaan yang memuat kegiatan yang boleh dilakukan dan tidak boleh dilakukan serta kegiatan yang hanya dapat dilakukan setelah memperoleh izin.
Rencana Pengelolaan adalah rencana yang memuat susunan kerangka kebijakan, prosedur, dan tanggung jawab dalam rangka pengoordinasian pengambilan keputusan di antara berbagai lembaga/instansi pemerintah mengenai kesepakatan penggunaan sumber daya atau kegiatan pembangunan di zona yang ditetapkan.	Rencana Aksi adalah tindak lanjut rencana pengelolaan WP & PPK yang memuat tujuan, sasaran, anggaran, dan jadwal untuk satu atau beberapa tahun ke depan secara terkoordinasi untuk melaksanakan berbagai kegiatan yang diperlukan oleh instansi Pem, PemDa, dan pemangku kepentingan lainnya guna mencapai hasil pengelolaan sumber daya pesisir & pulau2 kecil di setiap kawasan perencanaan.
Rencana Zonasi Rinci adalah rencana detail dalam 1 (satu) zona berdasarkan arahan pengelolaan di dalam Rencana Zonasi yang dapat disusun oleh Pemerintah Daerah dengan memperhatikan daya dukung lingkungan dan teknologi yang dapat diterapkan serta	

<table>
<tr><td colspan="2">ketersediaan sarana yang pada gilirannya menunjukkan jenis dan jumlah surat izin yang dapat diterbitkan oleh PemDa.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pengelolaan WP & PPK: suatu proses perencanaan, pemanfaatan, pengawasan, dan pengendalian SD Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil antarsektor, antara Pem & PemDa, antara ekosistem darat dan laut, serta antara ilmu pengetahuan dan manajemen untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.</td></tr>
<tr><td>Konservasi WP & PPK adalah upaya perlindungan, pelestarian, dan pemanfaatan WP & PPK serta ekosistemnya untuk menjamin keberadaan, ketersediaan, dan kesinambungan SD Pesisir dan Pulau2 Kecil dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan keanekaragamannya.</td><td>Rehabilitasi Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil adalah proses pemulihan dan perbaikan kondisi Ekosistem atau populasi yang telah rusak walaupun hasilnya berbeda dari kondisi semula.</td></tr>
<tr><td>Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan oleh Orang dalam rangka meningkatkan manfaat sumber daya lahan ditinjau dari sudut lingkungan dan sosial ekonomi dengan cara pengurugan, pengeringan lahan atau drainase.</td><td>Mitigasi Bencana adalah upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik secara struktur atau fisik melalui pembangunan fisik alami dan/atau buatan maupun nonstruktur atau nonfisik melalui peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana di WP & PPK.</td></tr>
<tr><td>Pemberdayaan Masy adalah upaya pemberian fasilitas, dorongan atau bantuan kepada Masyarakat Pesisir agar mampu menentukan pilihan yang terbaik dalam memanfaatkan SD Pesisir dan Pulau2 Kecil secara lestari.</td><td>Gugatan Perwakilan adalah gugatan yang berupa hak kelompok kecil Masyarakat untuk bertindak mewakili Masyarakat dalam jumlah besar dalam upaya mengajukan tuntutan berdasarkan kesamaan permasalahan, fakta hukum, dan tuntutan ganti kerugian.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Masyarakat adalah masyarakat yang terdiri dari Masyarakat Adat dan Masyarakat Lokal yang bermukim di WP & PPK.</td></tr>
<tr><td>Masyarakat Adat adalah kelompok Masyarakat Pesisir yang secara turun-temurun bermukim di wilayah geografis tertentu karena adanya ikatan pada asal-usul leluhur, adanya hubungan yang kuat dengan SD Pesisir dan Pulau2Kecil, serta adanya sistem nilai yang menentukan pranata ekonomi, politik, sosial, dan hukum.</td><td>Masyarakat Lokal adalah kelompok Masyarakat yang menjalankan tata kehidupan sehari-hari berdasarkan kebiasaan yang sudah diterima sebagai nilai-nilai yang berlaku umum tetapi tidak sepenuhnya bergantung pada Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil tertentu.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Masyarakat tradisional adalah masyarakat perikanan tradisional yang masih diakui hak tradisionalnya dalam melakukan kegiatan penangkapan ikan atau lainnya yang sah di daerah tertentu yang berada dalam perairan kepulauan sesuai dengan kaidah hukum laut internasional.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pemangku Kepentingan Utama adalah para pengguna SD Pesisir dan Pulau2 Kecil yang mempunyai kepentingan langsung dalam mengoptimalkan pemanfaatan SD Pesisir dan Pulau2 Kecil, seperti nelayan tradisional, nelayan modern, pembudidaya ikan, pengusaha pariwisata, pengusaha perikanan, dan Masyarakat Pesisir.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mitra Bahari adalah jejaring pemangku kepentingan di bidang pengelolaan WP & PPK dalam penguatan kapasitas sumber daya manusia, lembaga, pendidikan, penyuluhan, pendampingan, pelatihan, penelitian terapan, dan pengembangan rekomendasi kebijakan.</td></tr>
<tr><td>Hak Pengusahaan Perairan Pesisir, selanjutnya disebut HP-3, adalah hak atas bagian-bagian tertentu dari perairan pesisir untuk usaha kelautan dan perikanan, serta usaha lain yang terkait dengan pemanfaatan SD Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil yang mencakup atas permukaan laut dan kolom air sampai dengan permukaan dasar laut pada batas keluasan tertentu.</td><td>Daya Dukung WP & PPK adalah kemampuan WP & PPK untuk mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lain.</td></tr>
<tr><td>Ekosistem adalah kesatuan komunitas tumbuh-tumbuhan, hewan, organisme dan non organisme lain serta proses yang menghubungkannya dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas.</td><td>Bioekoregion adalah bentang alam yang berada di dalam satu hamparan kesatuan ekologis yang ditetapkan oleh batas-batas alam, seperti daerah aliran sungai, teluk, dan arus.</td></tr>
<tr><td colspan="2">SD Pesisir dan Pulau2Kecil adalah sumber daya hayati, sumber daya nonhayati; sumber daya buatan, dan jasa-jasa lingkungan; sumber daya hayati meliputi ikan, terumbu karang, padang lamun, mangrove dan biota laut lain; sumber daya nonhayati meliputi pasir, air laut, mineral dasar laut; sumber daya buatan meliputi infrastruktur laut yang terkait dengan kelautan dan perikanan, dan jasa2 lingkungan berupa keindahan alam, permukaan dasar laut tempat instalasi bawah air yang terkait dengan kelautan dan perikanan serta energi gelombang laut yang terdapat di Wilayah Pesisir.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kearifan Lokal adalah nilai-nilai luhur yang masih berlaku dalam tata kehidupan masyarakat.</td></tr>
<tr><td>Bencana Pesisir adalah kejadian karena peristiwa alam atau karena perbuatan Orang yang menimbulkan perubahan sifat fisik dan/atau hayati pesisir dan mengakibatkan korban jiwa, harta, dan/atau kerusakan di WP & PPK.</td><td>Dampak Besar adalah terjadinya perubahan negatif fungsi lingkungan dalam skala yang luas dan intensitas lama yang diakibatkan oleh suatu usaha dan/atau kegiatan di WP & PPK.</td></tr>
</table>

Pencemaran Pesisir adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan pesisir akibat adanya kegiatan Orang sehingga kualitas pesisir turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan pesisir tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.	Akreditasi adalah prosedur pengakuan suatu kegiatan yang secara konsisten telah memenuhi standar baku sistem Pengelolaan WP & PPK yang meliputi penilaian, penghargaan, dan insentif terhadap program-program pengelolaan yang dilakukan oleh masyarakat secara sukarela.

6.8.1 Substansi Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil

Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil meliputi kegiatan perencanaan, pemanfaatan, pengawasan, dan pengendalian terhadap interaksi manusia dalam memanfaatkan Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil serta proses alamiah secara berkelanjutan dalam upaya meningkatkan kesejahteraan Masyarakat dan menjaga keutuhan Negara Kesatuan Republik Indonesia (Pasal 5 UU No 27 Tahun 2007).

Detail dari pengelolaan tersebut ditunjukkan dalam Gambar 6-19.

Gambar 6-19. Substansi Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (PWP & PPK) (UU No 27 Tahun 2007 dengan modifikasi)

Masing-masing substansi pengelolaan yang terdiri atas: perencanaan, pemanfaatan dan pengendalian & pengawasan ditunjukkan dalam Gambar 6-20.

1. RSWP-3-K (Strategis) disusun berdasarkan isu PWPPK yang aktual, seperti degradasi sumber daya, masyarakat tertinggal, konflik pemanfaatan dan kewenangan, bencana alam di WPPPK, dan jaminan kepastian hukum guna mencapai tujuan yang ditetapkan.

2. RZWP-3-K (Zona)

- RZWP-3-K Provinsi
  - a. pengalokasian ruang dlm Kaw Pemanfaatan Umum. Kaw Konservasi, Kaw Strategis Nas Tertentu, dan alur laut
  - b. keterkaitan antara ekosistem darat & laut dalam suatu bioekoregion
  - c. penetapan pemanfaatan ruang laut
  - d. penetapan prioritas kaw laut untuk tujuan konservasi, sos-bud, ekonomi, transportasi laut, industri strategis, serta pertahanan dan keamanan
- RZWP-3-K Kabupaten/Kota

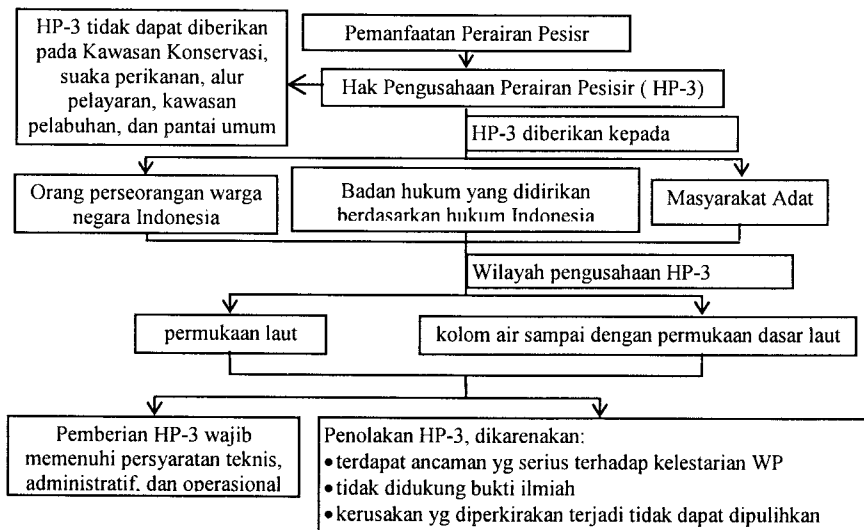
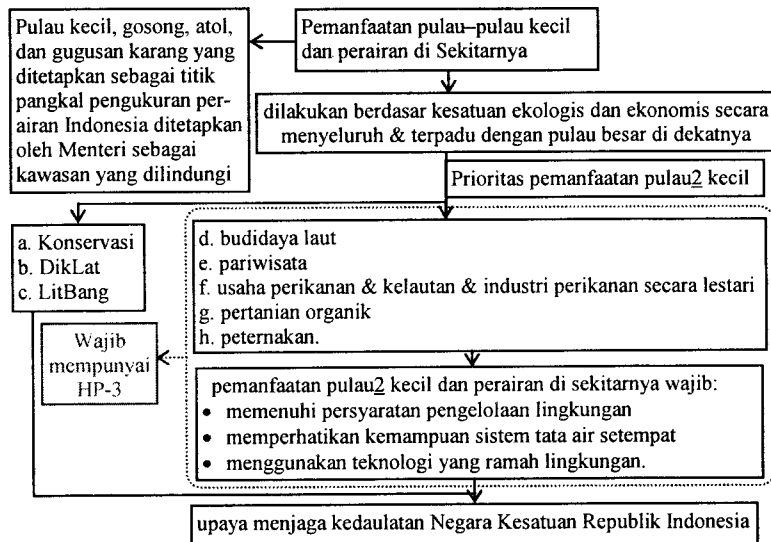
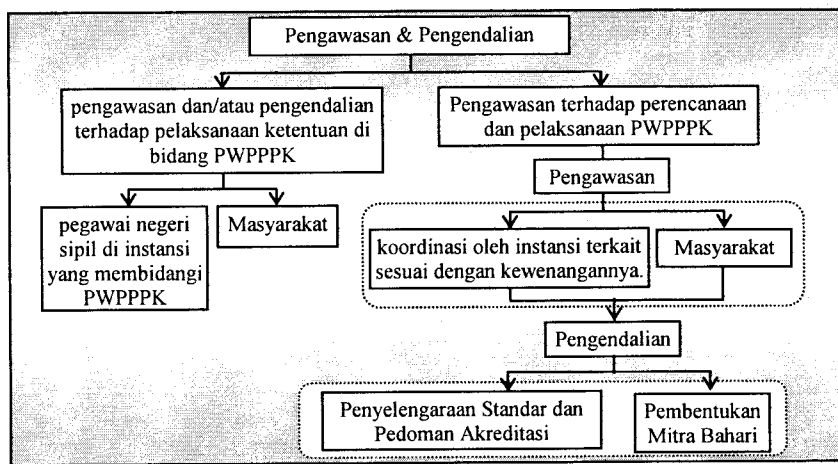
  alokasi ruang dlm Renc Kaw Pemanfaatan Umum, Renc Kaw Konser-vasi, Renc Kaw Strategis Nas Tertentu & rencana alur keterkaitan antar ekosistem pesisir & pulau2 kecil dalam suatu bioekoregion.

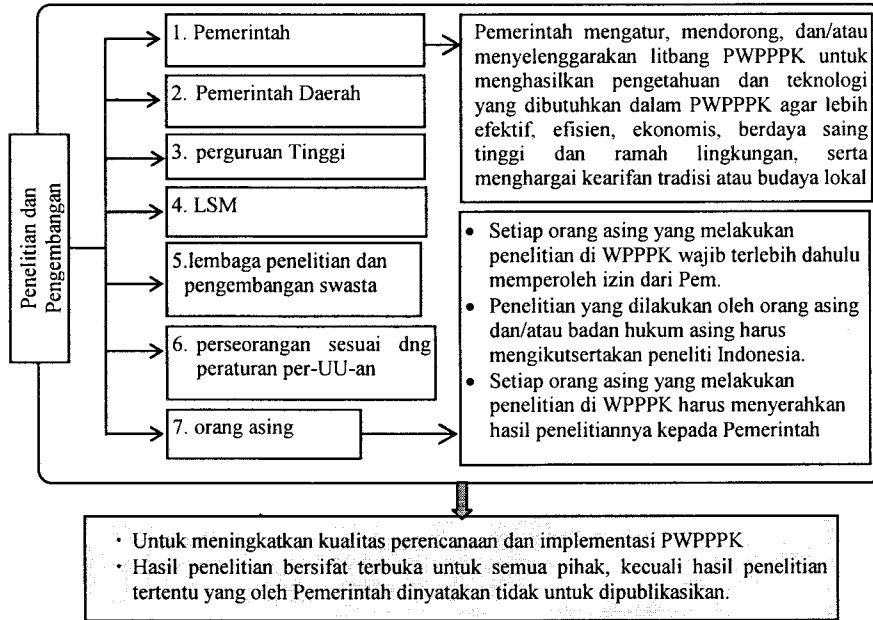
3. RPWP-3-K (Pengelolaan)

- a. kebijakan tentang pengaturan & prosedur adm penggunaan Sdaya yang diizinkan & yang dilarang
- b. skala prioritas pemanfaatan SDaya sesuai dengan karakteristik WPPPK
- c. jaminan terakomodasi pertimbangan2 hasil kons publik dlm penetapan tujuan pengelolaan kawa. & revisi terhadap penetapan tujuan & perizinan
- d. mekanisme pelaporan yang teratur dan sistematis untuk menjamin tersedianya data dan informasi akurat dan dapat diakses
- e. ketersediaan SDM terlatih untuk implementasi kebijakan & prosedurnya.

4. RAWP-3-K (Aksi): dilakukan dengan mengarahkan Renc Pengel & Renc Zonasi sebagai upaya mewujudkan rencana strategis. RAPWP-3-K berlaku 1 sampai dengan 3 tahun.

Penyusunan rencana berdasarnorma, standar & pedoman oleh pemda dengan melibatkan masyarakat

a. Perencanaan

b. Pemanfaatan

c. Pemanfaatan (lanjutan)

- untuk menjamin terselenggaranya PWPPPK secara terpadu dan berkelanjutan
- untuk mengetahui adanya penyimpangan pelaksanaan dari renstra, renc zonasi, rencana pengelolaan, serta bagaimana implikasi penyimpangan tersebut terhadap perubahan kualitas ekosistem pesisir
- untuk mendorong agar pemanfaatan sumber daya di WP & PPK sesuai dengan rencana pengelolaan wilayah pesisirnya
- untuk menegakkan hukum yang dilaksanakan dengan memberikan sanksi terhadap pelanggar yang berupa sanksi administrasi, sanksi perdata, dan/atau sanksi pidana.

d. Pengawasan dan Pengendalian

e. Penelitian dan Pengembangan

Gambar 6-20. Detail Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (UU No. 27 Tahun 2007)

6.8.2 Ringkasan UU No. 27 Tahun 2007

Perangkat peraturan tentang pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil sudah ada yaitu dengan sudah berlakunya UU No. 27 Tahun 2007 terdiri atas 19 Bab dengan 80 Pasal. Secara garis besar isi undang-undang ini ditunjukkan dalam Tabel 6-4.

Tabel 6-4. Garis besar UU No. 26 Tahun 2007

Bab	Uraian Bab dan Bagian	Paragraf	Pasal	Penjelasan
I	**Ketentuan Umum**		1	-
			2	ada
II	**Asas Dan Tujuan**		3	ada
			4	-
III	**Proses Pengelo WilPesisir & Pulau2 Kecil**		5,6	ada
IV	**Perencanaan**			
	Bag. Satu Umum		7	ada
	Bag. Kedua RSWP-3P		8	ada
	Bag. Ketiga RZWP-3P		9	ada
		1. RZWP-3P Provinsi	10	ada
		2. RZWP-3P Kabupaten/Kota	11	ada
	Bag. Keempat RPWP-3P		12	ada
	Bag. Kelima RAPWP-3P		13	-
	Bag. Keenam Mekanisme Penyusunan Rencana		14	ada
	Bag. Ketujuh Data dan Informasi		15	ada
V	**Pemanfaatan**			
	Bag. Kesatu HP-3		16-19	-
			20	ada
			21	-
			22	ada
	Bag. Kedua Pemanf. Pulau-Pulau Kecil dan perairan di sekitarnya		23	-
			24	ada
			25-27	-
	Bag. Ketiga Konservasi		28-30	ada
			31	-
	Bag. Keempat Rehabilitasi		32	ada
			33	-
	Bag. Kelima Reklamasi		34	ada
	Bag. Keenam Larangan		35	ada
VI	**Pengawasan dan Pengendalian**			
	Bag. Satu Umum		36	ada
	Bag. Kedua Pengawasan		37-39	-
	Bag. Ketiga Pengendalian	1. Program Akreditasi	40	ada
		2. Mitra Bahari	41	-
VII	**Penelitian dan Pengembangan**		42-46	-
VIII	**Pendidikan, Pelatihan, dan Penyuluhan**		47-49	-
IX	**Kewenangan**		50,51	ada
			52-55	-
X	**Mitigasi Bencana**		56-58	-
			59	ada
XI	**Hak, Kewajiban & Peran Serta Masyarkt**		60-62	-
XII	**Pemberdayaan Masyarakat**		63	-
XIII	**Penyelesaian Sengketa**		64	ada
			65-67	-
XIV	**Gugatan Perwakilan**		68	-
			69	ada
XV	**Penyidikan**		70	ada
XVI	**Sanksi Administratif**		71,72	-
XVII	**Ketentuan Pidana**		73-75	-
XVIII	**Ketentuan Peralihan**		76-78	-
XIX	**Ketentuan Penutup**		79,80	-

Dalam bentuk diagram, UU No 27 Tahun 2007 dapat diringkas seperti Gambar 6-21.

1. Ketentuan Umum 1-2
- 44 definisi 1
- Ruang lingkup 2

2.Azas & tujuan 3-4
- azas 3
- tujuan 4

3.Proses pengelolaan wil pesisir & pulau kcl 5-6
- kegiatan pengelolaan 5
  * perencanaan *pengawasan
  * pemanfaatan *pengendalian
- integrasi menyeluruh 6

4.Perencanaan 7-15

4a. renstra 8
- bag dari RPJP Pemda
- mempertimbangkan kepent Pem & Pemda
- Janka wktu 20 th, tinjau 5th

4b.Renc Zonasi wil pesisir & pulau kcl 9-11
- Arahan pemanfaatan 9
- Renc zonasi prov 10
- Renc zonasi Kab/kota 11

4c.Renc Pengel wil pesisir&pulau kcl 12

4d.Renc aksi pengel wil pesisir&pulau kcl 13

4e. Mkanisme Penyu renc 14

4f.Data & informPerMen15

5. Pemanfaatan 16-35

5a.HakPngushaanPrairan Pssir / HP3 16-22
- Pengertian HP3 16
- Luasan&wktu tertentu 17
- HP3 diberikan kepada 18
- waktu 20th, prpanjangn 20 19
- HP3 dpt beralih PP 20
- pemberian HP3 wajib penuhi syarat teknis,adm,oprasional 21
- Kaw tak diberi HP3 22

*konservasi *kaw pelabuhan
*suaka prikann *pantai umum
*alur pelayaran

5c. konservasi 28-31
- tujuan 28
- 3 zona konservasi 29
- prubahan status zona inti30
- sempadan pantai PerPres31

5d. rehabilitasi 32-33
- cara-cara rehabilitasi 32
- pelaku rehabilitasiPerPres33

5e. reklamasi (PerPres) 34

5f. larangan 35

5b. Pemanfaatan pulau kcl&perairan sekitarnya 23-27
- Pemanfaatan pulau kcl&perairan sekitarnya 23
  *konservasi *pariwisata
  *diklat *usaha prikann&klautn&ind perikanan
  *litbang *prtanian organik
  *bddaya laut *peternakan
- kaw yg dilindungi 24
- pemanfaatan untk observasi, penelitian, kompilasi dat 25
- pengaturan pemanfaatan PerMen 26
- pemanfaatan pulau kcl jaga NKRI (PP) 27

6. Pengawasan & pengendalian 36-41

6a. pengawasan 37-39
- pengaw oleh instansi 37
- pengaw oleh msyrkat 38
- pengaw oleh PerMen 39

6b. pengendalian 40-41
- akreditasi thdp prog pengeloPerMen40
- mitra bahari PerMen 41 pndampingan/penyuluhan, diklat, penelitian terapan, rekomendasi kebijakan

7. LitBang 42-46
- Pemerintah melakukan LitBang 42
- Pelaku litbang 43
- Sifat hasil penelitian 44
- orang asing hrs izin 45
- litbang (Perpres) 46

8. Diklat&penyuluhan 47-49
- Pem mnyelnggarakan diklat,penyu 47
- kerjasama 48
- Diklat, penyuluhan (PerPres) 49

9. Kewenangan 50-55
- Wew Mnteri,Gub,Bpati/wlikota mmberikan 50
- Wew Mnteri,Gub,Bpati/wlikota mnetapkanPP51
- Pem&Pemda dla pengelolaan 52
- Pengelolaan Nas (PerPres) 53
- Pengelolaan Prov 54
- Pengelolaan Kab/kota 55

10. Mitigasi bencana 56-59
- renc pengel&pemanfaatan yg memuat mitigasi 56
- tanggung jawab 57
- aspek mitigasi bencana 58
- kewajiban melaks mitigasi benc PP 59

11. Hak, kwajibn, peran serta masy 60-62
- hak&kewajiban masy 60
- hakmasy adat,masytradisional&kearifan lokal 61
- peran serta masy PerMen 62

12. Pemberdayaan masyarakat 63
- kewajiban Pem&Pemda
- tanggung jwb masy, Pem&Pemda
- Pedoman Pemberda Mas PerMen

a. Bab 1 sampai Bab 12

Lainnya

13. Penyelesaian sengketa 64-67 - penyelesaian melalui 64 - penyelesaian diluar pengadilan 65 - Kewajiban bila melawan hukum 66 - tanggungjawab 67	**14. Gugatan perwakilan 68-69** - hak gugatan masy 68 - pengelola berhak menggugat 69	**15. Penyidikan 70** - pejabat penyidik Kpolisian NKRI - penyidik pegawai negeri sipil
16. sanksi administratif 71-72 - Sanksi administratif PerMen 71 - Pengelo yg tak sesuai dokumn perenc 72	**17. Ketentuan pidana 73-75** - pidana unt yg disengaja 73 - pidana unt yg lalai (tdk melaks rehabilitasi&reklamasi)74 - pidana unt yg lalai (ush tanpa HP3) 75	**18. Ketent Peralihan 76-78** - progam pengel msh berlaku 76 - tugas,pokok,fungsi sesuai UU 77 - peraturan tetap berlaku 78
		19. ketentuan penutup 79-80 - PP 12 bulan, PerPres 6,PerMen 3 79 - mulai berlaku 80

b. Bab 13 sampai Bab 19

Keterangan dalam gambar: angka depan menunjuk Bab dan angka belakang menunjukkan Pasal

Gambar 6-21. Ringkasan UU No 27 Tahun 2007 dalam bentuk diagram

BAB 7
PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR TERPADU

7.1 Pengertian Kata "Pengelolaan"

7.1.1 Umum

Ada beberapa pengertian dan definisi untuk kata pengelolaan. Beberapa pengertian dan definisi ini juga dipakai untuk definisi pengelolaan di dalam peraturan dan perundangan. Dalam uraian berikut dijelaskan pengertian dan definisi pengelolaan dari berbagai sumber. Hal ini dimaksudkan agar dapat diperoleh kesepahaman, kesepakatan dan pengertian yang sama untuk kata pengelolaan tersebut walaupun dalam pemakaian dan penggunaannya untuk beberapa hal atau tujuan mempunyai pengertian dan definisi yang berbeda.

Pengelolaan sinominnya adalah manajemen (Endarmoko, 2006) dan dalam bahasa Inggris adalah *management*. Kata ini berasal dari Bahasa Perancis Kuno (*Old French*) *ménagement* yang berarti seni memimpin (*conducting*), mengarahkan (*directing*), melaksanakan dan mengatur. Dari Bahasa Latin *manu agere* berarti memimpin oleh/dengan tangan *(to lead by the hand)* menggolongkan/memberi ciri (*characterises*) proses-proses kepemimpinan (*leading*) dan pengarahan (*directing*) semua atau bagian suatu organisasi, seringkali sebuah bisnis, melalui pengembangan dan manipulasi sumber daya (manusia, keuangan/finansial, material, intelektual atau ketidak-nyataan/ *intagible*) (en.wikipedia.org/wiki/ Management dalam http://www.leadership 501.com/definition-of-management/21/;http://id.wikipedia.org/wiki/Manajemen).

Dalam http://id.wikipedia.org/wiki/Manajemen, Mary Parker Follet, mendefinisikan manajemen (pengelolaan) sebagai seni menyelesaikan pekerjaan melalui orang lain. Sedangkan Ricky W. Griffin mendefinisikan manajemen sebagai sebuah proses perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian, dan pengontrolan sumber daya untuk mencapai sasaran (*goals*) secara efektif dan efesien. Efektif berarti bahwa tujuan dapat dicapai sesuai dengan perencanaan, sementara efisien berarti bahwa tugas yang ada dilaksanakan secara benar, terorganisir, dan sesuai dengan jadwal.

Pengelolaan atau manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, mengarahkan dan mengendalikan kegiatan untuk mencapai tujuan organisasi dengan menggunakan sumber daya organisasi (Hanafi, 1997).

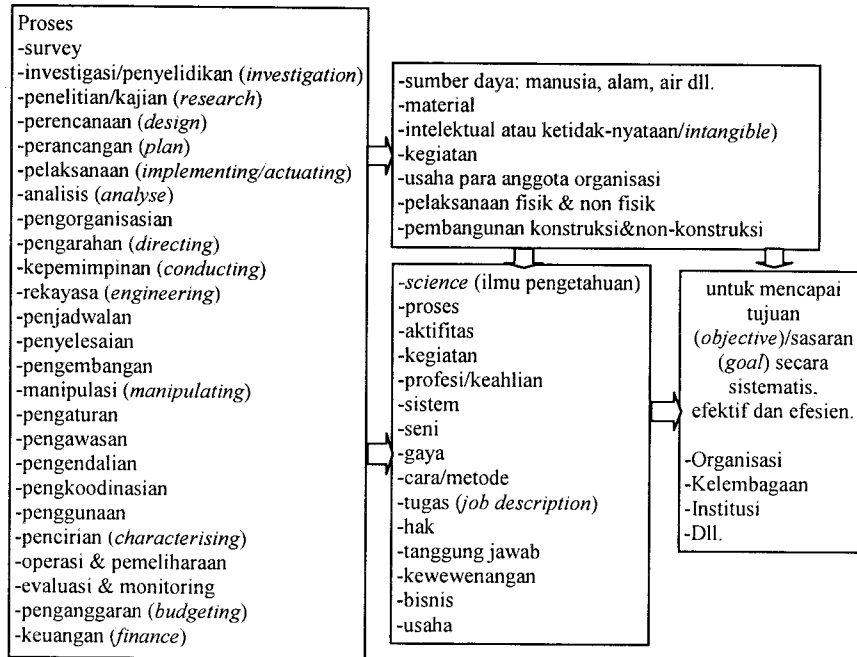
Dalam http://ariekanayakirana.wordpress.com/2007/09/25/definisi-manaje men/, beberapa definisi tentang manajemen disebutkan, yaitu:

- Definisi Manajemen oleh Stoner: Proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengawasan terhadap usaha-usaha para anggota organisasi dengan menggunakan sumber daya organisasi lainnya, agar mencapai tujuan organisasi yang telah ditetapkan
- Definisi Manajemen oleh Koonentz & Donnel:
  - Menitikberatkan pada pemenfaatan orang-orang dalam mencapai tujuan
  - Agar tujuan dapat dicapai orang-orang tersebut harus mempunyai tugas, tanggung jawab dan wewenang yang jelas (*job description*)
- Definisi Manajemen (Umum): Suatu metode/teknik atau proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematik dan efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengawasan (*controlling*) dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efisien.

Dari beberapa kamus *management* didefinisikan sebagai suatu aktifitas, seni, cara, gaya, pengorganisasian, kepemimpinan, pengendalian, dalam mengelola, mengendalikan kegiatan (New Webster Dictionary, 1997; Echols dan Shadily, 1988; Webster's New World Dictionary, 1983; Collins Cobuild, 1988). Aktifitas dimulai dari perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, operasi dan pemeliharaan serta evaluasi dan monitoring. Termasuk di dalamnya, pengorganisasian, kepemimpinan, pengendalian, pengawasan, penganggaran dan keuangan.

Oleh karena itu manajemen dapat dilihat dari berbagai aspek antara lain: dapat berupa ilmu pengetahuan, berupa profesi atau keahlian, berupa sistem, pengaturan, proses, metode, seni, sekelompok orang atau beberapa grup dengan tujuan tertentu.

Di sini untuk pengelolaan ada unsur-unsur perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi. Dalam teknik sipil ada singkatan yang cukup dikenal yaitu SIDCOM yang merupakan kepanjangan kata-kata dalam Bahasa Inggeris: *survey, investigation* (investigasi), *design* (desain/perencanaan), *construction* (konstruksi), *operation* (operasi) dan *maintenance* (pemeliharaan).

Dari uraian tersebut cukup sulit untuk mendefinisikan pengelolaan dengan benar. Namun berikut ini dicoba dirangkum pengertian pengelolaan dari berbagai sumber tersebut seperti ditunjukkan dalam ilustrasi berikut ini.

Gambar 7-1. Pengertian dan definisi pengelolaan

7.1.2 Pengertian Pengelolaan Dari Peraturan Perundang-undangan

UU No. 7 Tahun 2004 menyebutkan bahwa:

- Pengelolaan Sumber Daya Air adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air.
- Sumber daya air dikelola berdasarkan asas kelestarian, keseimbangan, kemanfaatan umum, keterpaduan dan keserasian, keadilan, kemandirian, serta transparansi dan akuntabilitas.
- Sumber daya air dikelola secara menyeluruh, terpadu, dan berwawasan lingkungan hidup dengan tujuan mewujudkan kemanfaatan sumber daya air yang berkelanjutan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat.
    - menyeluruh mencakup semua bidang pengelolaan yang meliputi konservasi, pendayagunaan, dan pengendalian daya rusak air, serta meliputi satu sistem wilayah pengelolaan secara utuh yang mencakup semua proses perencanaan, pelaksanaan serta pemantauan dan evaluasi.
    - terpadu merupakan pengelolaan yang dilaksanakan dengan melibatkan semua pemilik kepentingan antarsektor dan antarwilayah administrasi.
    - berwawasan lingkungan hidup adalah pengelolaan yang memperhatikan keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungan.
    - berkelanjutan adalah Pengelolaan Sumber Daya Air yang tidak hanya ditujukan untuk kepentingan generasi sekarang tetapi juga termasuk untuk kepentingan generasi yang akan datang.

UU No. 27 Tahun 2007 menyebutkan bahwa: Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil adalah suatu proses perencanaan, pemanfaatan, pengawasan, dan pengendalian Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil antarsektor, antara Pemerintah dan Pemerintah Daerah, antara ekosistem darat dan laut, serta antara ilmu pengetahuan dan manajemen untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup (UU No.23 Tahun 1997).

Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah (UU No. 18 Tahun 2008).

Pengelolaan jaringan irigasi adalah kegiatan yang meliputi O & P serta rehabilitasi jaringan irigasi di daerah irigasi (PP No. 20 Tahun 2006).

Pengelolaan air tanah adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, mengevaluasi penyelenggaraan konservasi air tanah, pendayagunaan air tanah, dan pengendalian daya rusak air tanah (PP No. 43 Tahun 2008).

Pengelolaan hutan meliputi kegiatan: a. tata hutan dan penyusunan rencana pengelolaan hutan, b. pemanfaatan hutan dan penggunaan kawasan hutan, c. rehabilitasi dan reklamasi hutan, dan d. perlindungan hutan dan konservasi alam (UU No 41 Tahun 1999).

Menurut RPP Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu (versi Oktober 2008): Pengelolaan DAS adalah upaya dalam mengelola hubungan timbal balik antara sumber daya alam dengan sumber daya manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya untuk mewujudkan kemanfaatan sumber daya alam bagi kepentingan pembangunan dan kelestarian ekosistem DAS serta kesejahteraan masyarakat. Pengelolaan DAS Terpadu adalah rangkaian upaya perumusan tujuan, sinkronisasi program, pelaksanaan dan pengendalian pengelolaan sumber daya DAS lintas para pemangku kepentingan secara partisipatif berdasarkan kajian kondisi biofisik, ekonomi, sosial, politik dan kelembagaan guna mewujudkan tujuan Pengelolaan DAS.

Pengelolaan perikanan adalah semua upaya, termasuk proses yang terintegrasi dalam pengumpulan informasi, analisis, perencanaan, konsultasi, pembuatan keputusan, alokasi sumber daya ikan, dan implementasi serta penegakan hukum dari peraturan perundang-undangan di bidang perikanan, yang dilakukan oleh pemerintah atau otoritas lain yang diarahkan untuk mencapai kelangsungan produktivitas sumber daya hayati perairan dan tujuan yang telah disepakati (UU No 31 Tahun 2004 Tentang Perikanan).

UU Persungaian Jepang mendefinisikan pengelolaan sungai adalah segala usaha yang dilaksanakan untuk memanfaatkan potensi sungai, memelihara fungsi sungai dan mencegah terjadinya bencana yang ditimbulkan oleh sungai (Sosrodarsono dan Tominaga, 1985). Cakupan dari pengelolaan sungai sangat luas diantaranya:

- Perbaikan dan pengaturan sungai
- Pengoperasian bangunan-bangunan sungai
- Pengendalian administratif seperti pembatasan atau pelarangan atas kegiatan-kegiatan yang dapat memberikan dampak negatif terhadap fungsi sungai
- Pemberian izin atas pemanfaatan sungai

- Pemberian tanda batas-batas daerah sungai

Berdasarkan beberapa peraturan-perundangan tersebut maka pengertian pengelolaan dirangkum dalam gambar berikut.

Pengelolaan		
proses atau upaya atau kegiatan, yang sistematis, terintegrasi, menyeluruh, berkesinambungan, terpadu:	perencanaan, implementasi, pelaksanaan, analisis, penyusunan, pemanfaatan, pengembangan, pemantauan, evaluasi, operasi, pemeliharaan, perlindungan, konsultasi, pemulihan, alokasi, pembuatan keputusan, rehabilitasi, reklamasi, pengawasan, pengendalian, penataan, penegakan hukum	- sumber daya - antarsektor, - antar Pemerintahan - antar ilmu pengetahuan dan manajemen

untuk mencapai tujuan (*objective*)

Gambar 7-2. Pengertian dan definisi pengelolaan berdasarkan peraturan perundang-undangan

7.2 Pengelolaan Sumber Daya Air Dari Beberapa Sumber

Phase utama dan fungsi pengelolaan/manajemen secara umum meliputi (http://id.wikipedia.org/wiki/Manajemen; http://organisasi.org/fungsi manajemen; Grigg, 1996; Hanafi, 1997):

- Perencanaan (*planning*)
- Pengorganisasian (*organising*)
- Kepemimpinan (*directing*)
- Pengkoordinasian (*coordinating*)
- Pengendalian (*controlling*)
- Pengawasan (*supervising*)
- Penganggaran (*budgeting*)
- Keuangan (*financing*)

Menurut Grigg (1996), pengelolaan sumber daya air didefinisikan sebagai aplikasi dari cara struktural dan non-struktural untuk mengendalikan sistem sumber daya air alam dan buatan manusia untuk kepentingan/manfaat manusia dan tujuan-tujuan lingkungan. Tindakan-tindakan struktur (*structural measures*) untuk pengelolaan air adalah fasilitas-fasilitas terbangun (*constructed facilities*) yang digunakan untuk mengendalikan aliran air baik dari sisi kuantitas maupun kualitas. Tindakan-tindakan non struktur (*non-structural measures*) untuk pengelolaan air adalah program-program atau aktifitas-aktifitas yang tidak membutuhkan fasilitas-fasilitas terbangun.

Pengelolaan sumber daya air terpadu merupakan penanganan integral yang mengarahkan kita dari dari pengelolaan air sub-sektor ke sektor silang. Secara lebih spesifik pengelolaan sumber daya air terpadu didefinisikan sebagai suatu proses yang mempromosikan koordinasi pengembangan dan pengelolaan air, tanah dan sumber daya terkait dalam rangka tujuan untuk mengoptimalkan resultan ekonomi dan kesejahteraan sosial dalam sikap yang cocok/tepat tanpa mengganggu kestabilan dari ekosistem-ekosistem penting (GWP, 2001).

Grigg (1996) juga mendefinisikan beberapa hal tentang sumber daya air, meliputi:

- Sistem sumber daya air adalah sebuah kombinasi dari fasilitas-fasilitas pengendalian air dan elemen-elemen lingkungan yang bekerja bersama untuk mencapai tujuan pengelolaan sumber daya air.

- Sistem sumber daya air alami adalah sekelompok elemen hidrologi dalam lingkungan alam yang terdiri dari atmosfir, daerah aliran sungai atau daerah tangkapan air, sungai-sungai, lahan basah, daerah banjir (*flood plains*), akuifer dan sistem aliran air tanah, danau, estuari, laut dan lautan.
- Sistem sumber daya air buatan manusia adalah sekelompok fasilitas yang dibangun yang dipakai sebagai pengendali aliran air baik secara kuantitas maupun kualitas.
- Sistem tata pengairan merupakan susunan tata letak sumber air, termasuk bangunan pemanfaatan sesuai ketentuan teknik pembinaan di suatu wilayah.

Environmental Energy Study Institute Task Force (1991) mendefinisikan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) sebagai sebuah proses yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa membahayakan kemampuan kita untuk memenuhi kebutuhan yang akan datang.

Sedangkan Center for Global Studies (1993) mendefinisikan pembangunan berkelanjutan menjadi beberapa, yaitu:

- Suatu bentuk dari pertumbuhan cerdas yang memanfaatkan revolusi teknologi tinggi dan restrukturisasi ekonomi untuk mengelola semua pertumbuhan ini dalam karakteristik/sifat yang lebih canggih dan yang ramah ekologis.
- Tidak menghasilkan apa-apa sampai kita mempunyai sebuah jalan yang mengintegrasikan penuh *the product, its by-product, and any by-product* dari proses produksi masuk ke dalam sistem dengan sifat/karakter positif.
- Prinsip dasarnya adalah bahwa kita hidup dari aliran (*flow*) bukan dari penyediaan (*stocks*).
- Keterpaduan tepat dari lingkungan yang memperhatikan proses pengembangan.
- Dalam dunia yang sempurna, sebuah pelayanan akhir seperti keamanan sosial harus/akan berkelanjutan. Dengan kata lain, ada sebuah pola yang melingkar dari pembaharuan yang kontinyu atau terus menerus.
- Melalui/lewat setiap generasi, suatu tingkat populasi, satu kumpulan teknologi, dan sebuah ketersediaan lahan yang subur dan minyak dari fosil yang membuat semuanya melakukan sedikitnya apa yang sudah kita perbuat.

7.3 Kerangka Konsepsional

Pengelolaan SD Air terpadu memerlukan kerangka konsepsional, karena:

- Semua pihak menyadari bahwa masalah sumber daya air adalah kompleks.
- Wilayah sumber daya air dapat berupa bagian dari pengembangan wilayah baik perkotaan (*urban*) dan perdesaan (*rural*) serta dapat juga merupakan bagian regional administratif (pusat, provinsi, kabupaten/kota).
- Adanya relasi antara Rencana Tata Ruang wilayah (RTRW) dengan Pola PSDA dan Rencana PSDA.
- Adanya batas teknis (hidrologi), DAS dan daerah aliran air tanah atau cekungan air tanah/CAT (*groundwater basin*) yang pada kondisi wilayah tertentu bisa sama ataupun berbeda dengan DAS.
- Batas teknis (hidrologi) bisa sama ataupun berbeda dengan batas administrasi,
- Pembagian sumber daya air menjadi aliran permukaan tanah dan air tanah.
- Untuk aliran permukaan pembagian bisa dilihat dari daerah aliran sungai (batas hidrologi) dan bisa dilihat dari batas administrasi (provinsi, kabupaten/kota). Demikian pula untuk air tanah walaupun penentuan wilayahnya lebih sulit dibandingkan dengan aliran permukaan.
- Pengelolaan sumber daya air dapat dibagi dengan melihat alam (*natural*) atau buatan manusia (*man-made*).

- Sistem sumber daya air dapat dilihat sebagai bagian dari infrastruktur khususnya infrastruktur keairan.
- Pengelolaannya bisa dilihat dari fungsinya: irigasi, drainase, sumber air, dll.
- Pengelolaannya harus dipandang sebagai sesuatu yang *integrated, comprehensive* and *interdependency*. John Muir (dalam Chesepeake Bay Program 1994) menyimpulkan saling ketergantungan (*interdependency*) sebagai "*When we try to pick out anything by itself, we find it hitched everything else in the universe*" yang kira-kira artinya "apabila kita mencoba memilih/mengambil satu hal saja, kita temui bahwa satu hal tersebut tertambat dan terikat pada semua hal".

Global Water Partnership (GWP, 2001) menawarkan suatu kerangka konsep keterpaduan yang menarik untuk Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Menurut GWP (2001), elemen elemen penting dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu dapat dikelompokkan dalam 3 elemen utama yaitu:

- *The enabling environment* adalah kerangka umum dari kebijakan nasional, legislasi, regulasi, finansial dan informasi untuk pengelolaan SDA oleh *stakeholders*. Fungsinya merangkai dan membuat peraturan serta kebijakan. Sehingga dapat disebut sebagai *rules of the games.*
- Peran-peran institusi (*institutional roles*) merupakan fungsi dari berbagai tingkatan administrasi dan *stakeholders*. Perannya mendefinisikan para pelaku
- Alat-alat manajemen (*management instruments*) merupakan instrumen operasional untuk regulasi yang efektif, monitoring dan penegakan hukum yang memungkinkan pengambil keputusan untuk membuat pilihan yang informatif di antara aksi-aksi alternatif. Pilihan-pilihan ini harus berdasarkan kebijakan yang telah disetujui, sumber daya yang tersedia, dampak lingkungan dan konsekuensi sosial dan budaya.

Ketiga komponen tersebut sangat tergantung adanya kesadaran populis dan kemauan dari semua pihak untuk bertindak dengan sikap yang tepat.

Pemerintah sebagai yang membolehkan atau memungkinkan (*enabler*) dan fasilitator bukan pemerintah sebagai manajer *top – down*, dibantu *stakeholders* yang lain mempunyai fungsi dan peran antara lain:

- Merumuskan kebijakan air nasional.
- Menjadikan atau membuat legislasi sumber daya air.
- Membuat norma, standard, pedoman, manual.
- Memastikan pemisahan pengaturan dan fungsi-fungsi ketentuan pelayanan.
- Mendorong dan mengatur sektor swasta ataupun lokal.
- Mendorong dan mengatur sumber daya air air antar daerah (lintas batas).
- Mendorong diadakannya dialog dengan negara tetangga.
- Mengkondisikan bahwa *water is every one's business.*

Dalam peran institusi, semua pihak dalam semua tingkat dan semua sektor (seluruh *stakeholders*) harus berpartisipasi, berbicara dan berdialog satu sama lain untuk dapat:

- Memusatkan koordinasi di level tertinggi sampai ke level yang terendah mulai pusat, provinsi. kabupaten/kota.
- Membuat badan koordinasi di level wilayah teknis (wilayah sungai ataupun daerah aliran sungai).
- Mengkoordinasikan di tingkat wilayah administrasi (pusat, provinsi, kab/kota).
- Memindahkan tanggung jawab di tingkat lebih rendah.
- Mengembangkan sumber daya manusia dan kapasitas institusi.

Alat-alat pengelolaan dibutuhkan oleh pengelola air untuk bekerja dengan maksud dan tujuan diantaranya meliputi (GWP, 2001):

a. Penafsiran sumber daya air:
   - Jaringan koleksi data dan teknik penilaian.
   - Teknik-teknik analisis dampak lingkungan.
   - Instrumen pengelolaan risiko, misalnya untuk banjir dan kekeringan.

b. Komunikasi dan informasi:
   - Peningkatan kesadaran – suatu 'gerakan air'.
   - Informasikan partisipasi para-pihak.

c. Resolusi konflik dan alokasi:
   - Alokasi lewat instrumen pasar.
   - Alokasi berdasarkan evaluasi biaya manfaat.
   - Instrumen untuk penyelesaian konflik: hulu melawan hilir, sektor melawan sektor, manusia melawan alam.

d. Instrumen pengaturan (3 tipe):
   - Kontrol langsung misalnya dengan peraturan, pengaturan, standar, pedoman, norma sebagai contoh: perencanaan tata guna lahan yang sesuai dengan rencana tata ruang wilayah (RTRW) di mana RTRW sudah disahkan menjadi peraturan daerah, pengaturan utilitas, dsb.
   - Instrumen ekonomi yaitu dengan penentuan harga, tarif, subsidi, barang berharga, pembayaran, pasar, pajak, dsb., dengan tiga prinsip dasar: prinsip pemakai membayar (*user pays principle*), prinsip pelaku polusi membayar (*polluter pays principle*), dan prinsip subsidi pelaku yang baik, denda pelaku yang buruk (*subsidise the good, tax the bad*).
   - Pengkondisian untuk mendorong pengaturan diri sendiri dengan titik kontrol transparan sebagai contoh pemberian label pada produk, kesadaran untuk tidak membuang sampah di sebarang tempat, dsb.

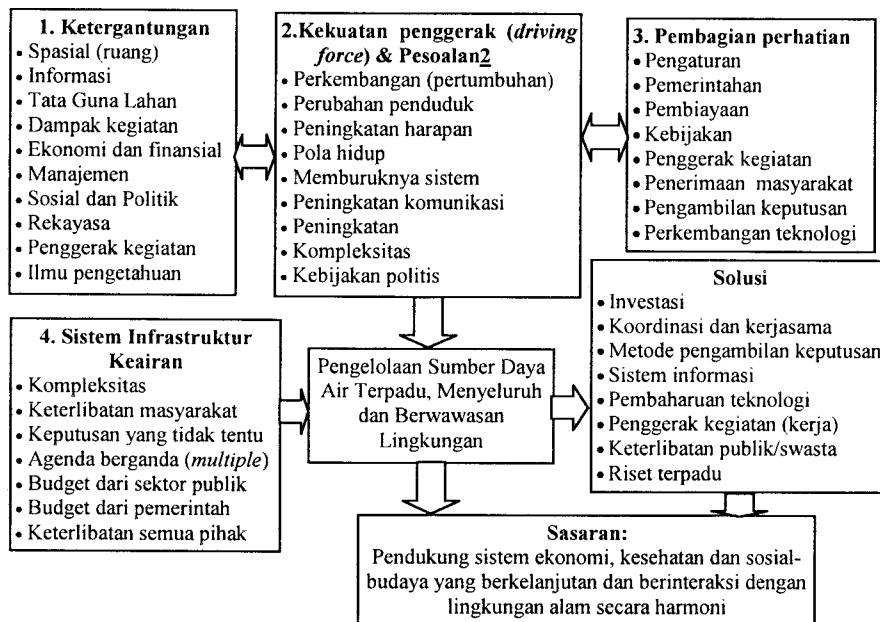
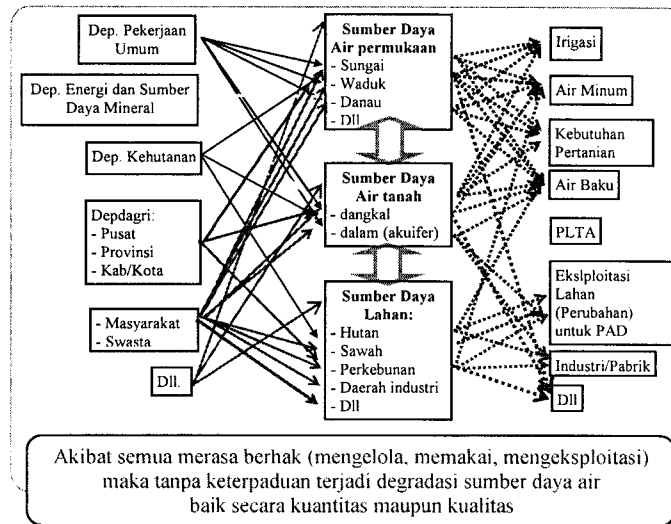
e. Teknologi:
   - Riset dan pengembangan.
   - Petunjuk penilaian teknologi.
   - Petunjuk pemilihan teknologi.
   - Pemilihan teknologi tepat guna.

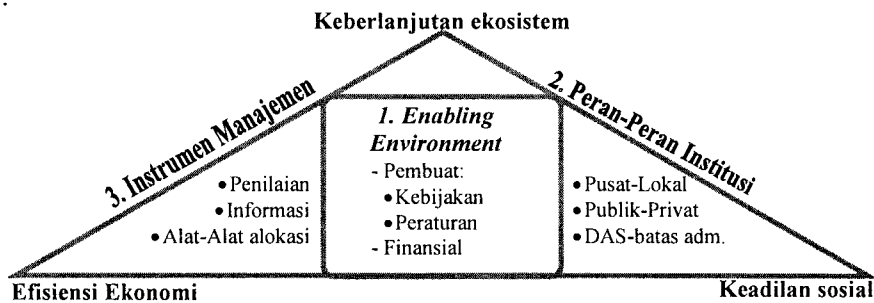
f. Finansial
   - Investasi dalam pengelolaan sumber daya air oleh semua para pihak.
   - Pembiayaan untuk pemeliharaan.
   - Pengembalian manfaat untuk masyarakat.
   - Penganggaran (*budgeting*)

Kerangka konsepsional yang lain dinyatakan oleh Grigg dan Fontane (2000). Dilihat dari cakupan permasalahan pengelolaan sumber daya air, Grigg dan Fontane (2000) menyatakan bahwa permasalahan yang dihadapi adalah sangat kompleks.

Kerangka konsepsional ini didasarkan atas kompleksitas pengelolaan sumber daya air dan dari berbagai sudut dapat dikelompokkan menjadi 4, meliputi: 1. Ketergantungan, 2. *Driving force* dan

persoalan, 3. Pembagian perhatian, dan 4. Sistem infrastruktur keairan. Masing-masing kelompok menyangkut multi-aspek. Solusinya juga mencakup multi aspek dengan sasaran akhir adalah sebagai pendukung sistem ekonomi, sosial di dalam lingkungan yang harmoni. Gambar 7-3 menunjukkan uraian detail pengelompokkan tersebut.

Kompleksitas sumber daya air juga dapat dilihat dari banyaknya institusi dan *stakeholders* lainnya yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung. Masing-masing melakukan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air sesuai dengan tujuannya secara spesifik. Sehingga sering terjadi adanya tumpang tindih baik dari tugas dan fungsi maupun dari *output* yang dihasilkannya. Diagram dalam Gambar 7-4 menunjukkan pemanfaatan sumber daya air oleh para-pihak untuk berbagai keperluan. Akibat semua merasa berhak untuk mengelola, memakai, mengeksploitasi maka tanpa keterpaduan terjadi degradasi sumber daya air baik secara kuantitas maupun kualitas.

Gambar 7-3 Kerangka konsepsional pengelolaan sumber daya air didasarkan atas kompleksitas persoalannya (Grigg dan Fontane, 2000 dengan modifikasi)

Gambar 7-4 Pemanfaatan sumber daya air oleh stakeholders untuk berbagai keperluan

Oleh karena itu diperlukan suatu pengelolaan sumber daya air terpadu, menyeluruh dan berwawasan lingkungan dengan segitiga keseimbangan dan skenario pengelolaan seperti dijelaskan dalam Gambar 7-5.

Gambar 7-5 Segitiga keseimbangan sosial, ekonomi dan ekosistem untuk PSDA Terpadu dan Berkelanjutan (GWP, 2001).

Detail dari komponen-komponen konseptual yang diusulkan oleh GWP (2001) dapat dilihat dalam Gambar 7-6.

Uraian yang lebih detail dan terperinci dari tiga elemen penting dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu tersebut yang ditawarkan oleh Global Water Partnership (GWP, 2001) yaitu dapat dilihat dalam Kodoatie & Sjarief (2008).

Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu	
A. *Enabling Environment*	a. Kebijakan (*Policy*) 1. Penyiapan Kebijakan Sumber Daya Air Nasional 2. Kebijakan Yang Terkait Dengan Sumber Daya Air 3. Visi dan Misi Pengembangan Sumber Daya Air
	b. Kerangka Kerja Legislatif 1. Reformasi Peraturan Yang Ada 2. Peraturan Tentang Sumber Daya Air 3. Peraturan Untuk Kualitas dan Kuantitas Air 4. Penegakan Hukum (*Law Enforcement*)
	c. Finansial 1. Pengertian Biaya dan Manfaat/Pendapatan 2. Kebijakan-Kebijakan Investasi 3. Pengembalian Biaya dan Kebijakan-Kebijakan Denda 4. Penilaian Investasi (*Investment Appraisal*) 5. Peran Sektor Swasta
B. Peran2 Institusi & Pelaku	a. Penciptaan Kerangka Kerja Organisasi 1. Organisasi Lintas Batas Untuk Pengelolaan Sumber Daya Air 2. Dewan Air Nasional (National Apex Bodies) 3. Organisasi Daerah Aliran Sungai (*River Basin Organisations*) 4. Badan Pengatur dan Agen Penegak 5. Penyedia Pelayanan (*Service Providers*)
	b. Peran Publik dan Swasta 1. Reformasi Institusional Sektor Publik 2. Institusi Masyarakat Umum dan Organisasi komunitas 3. Wewenang Lokal (*Local authorities*) 4. Peran Sektor Swasta
	c. Pengembangan sumber daya manusia *(Institutional Capacity Building)* 1. Kapasitas Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu pada profesi keairan 2. Kapasitas Pengaturan 3. Berbagi (Alih) Ilmu Pengetahuan
C. Instrumen Manajemen	a. Analisis Sumber Daya Air b. Perancangan dan Perencanaan Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu c. Pengelolaan Kebutuhan d. Instrumen Perubahan Sosial e. Resolusi konflik f. Instrumen Pengatur g. Instrumen Ekonomi h. Pengalihan dan Pengelolaan Informasi

Gambar 7-6 Komponen-Komponen PSDA Terpadu (GWP, 2001)

BAB 8
PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR BERDASARKAN UU NO 7 TAHUN 2004 DAN PP NO 42 TAHUN 2008

8.1 Ringkasan UU No 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air

UU SDA terdiri atas 18 Bab dengan 100 Pasal seperti ditunjukkan dalam Tabel 8-1.

Tabel 8-1. Jumlah bab dan pasal

Bab	Uraian	Jml Pasal	Pasal … s/d Pasal …	
1	Ketentuan Umum	12	1	12
2	Wewenang & Tanggungjawab	7	13	19
3	Konservasi Sumber Daya Air	6	20	25
4	Pendayagunaan Sumber Daya Air	25	26	50
5	Pengendalian Daya Rusak Air	8	51	58
6	Perencanaan	4	59	62
7	Pelaksanaan Konstruksi, O & P	2	63	64
8	Sistem Informasi Sumber Daya Air	5	65	69
9	Pemberdayaan & Pengawasan	7	70	76
10	Pembiayaan	5	77	81
11	Hak, Kewajiban, & Peran Masyarakat	3	82	84
12	Koordinasi	3	85	87
13	Penyelesaian Sengketa	2	88	89
14	Gugatan Masyarakat & Organisasi	3	90	92
15	Penyidikan	1	93	-
16	Ketentuan Pidana	3	94	96
17	Ketentuan Peralihan	2	97	98
18	Ketentuan Penutup	2	99	100
		100		

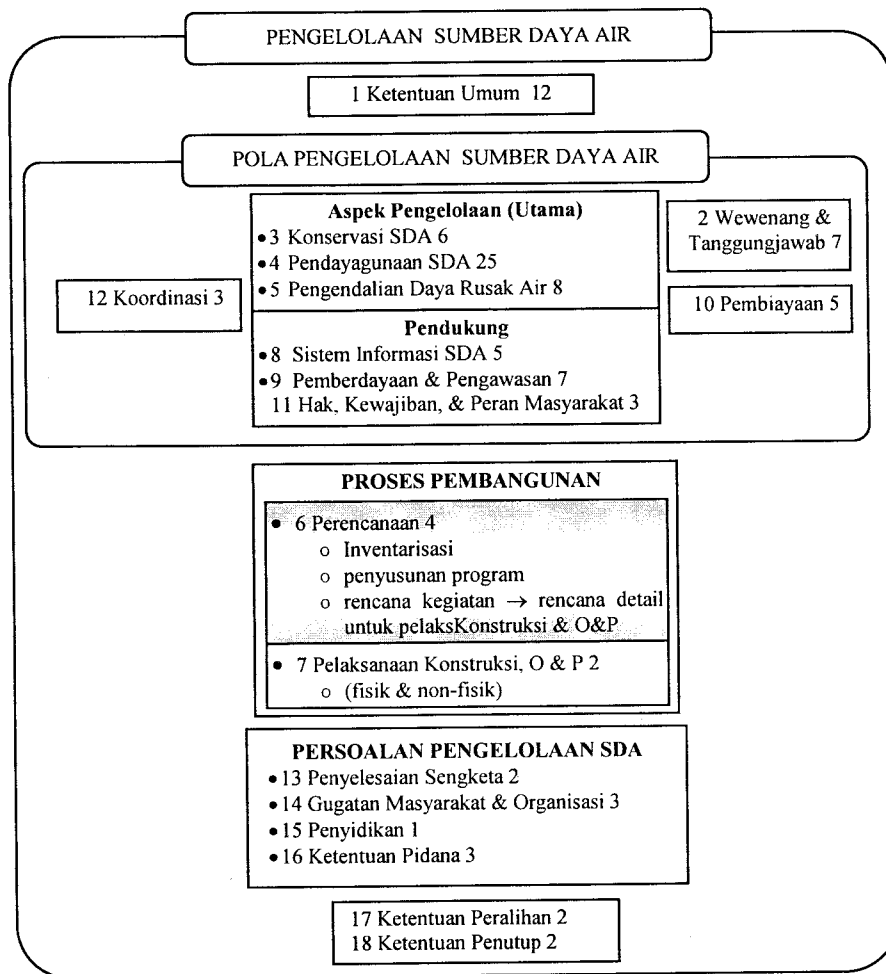
Topik utama 100 pasal dalam 18 bab ini ditunjukkan dalam Tabel 8-2 berikut ini.

Tabel 8-2 Uraian pasal-pasal dalam bab

Bab	Judul	Pasal	Uraian
I	Ketentuan Umum	1	Definisi: Ada 26 Definisi
		2	Asas Pengelolaan SDA
		3	Pengelolaan SDA Menyeluruh, Terpadu dan Berwawasan Lingkungan
		4	Fungsi Sosial, Lingkungan Hidup dan Ekonomi
		5	Hak Setiap Orang Mendapatkan Air
		6	SDA Dikuasai Negara Dipergunakan Untuk Kemakmuran Rakyat
		7	Penjelasan Hak Guna
		8	Hak Guna Tanpa Izin Untuk Perorangan Dan Pertanian
		9	Hak Guna Kepada Perseorangan Atau Badan Usaha
		10	Hak Guna Diatur PP
		11	Pola Pengelolaan SDA Disusun Oleh Semua *Stakeholders*
		12	Air Permukaan dan Air Tanah diatur PP
II	Wewenang & Tanggungjawab	13	Wilayah Sungai Dan Cekungan Air Tanah Oleh Keppres
		14	Wewenang Pemerintah
		15	Wewenang Pem Prov
		16	Wewenang Pem Kab/kota
		17	Wewenang Pem Desa
		18	Sebagian Wewenang Pemerintah oleh Pem Daerah
		19	Wewenang Pem Daerah Secara Herarki
III	Konservasi SDA	20	Konservasi Menjaga Kelangsungan Daya Dukung, Tampung & Fungsi SDA
		21	Perlindungan Dan Pelestarian
		22	Pengawetan Air
		23	Pengelolaan Kualitas
		24	Larangan Kegiatan Yang Merusak Sumber Air
		25	Pelaksanaan Konservasi
IV	Pendayagunaan SDA	26	Kegiatan Pendayagunaan SDA
		27	Zona Pemanfaatan dan Peruntukan Sumber Air
		28	Penetapan Peruntukan Air
		29	Penyediaan SDA
		30	Pelaksanaan Penyediaan SDA
		31	Penyediaan SDA Oleh PP
		32	Penggunaan SDA
		33	Pengaturan Penggunaan SDA
		34	Pengembangan SDA
		35	Jenis Pengembangan SDA
		36	Pengembangan sungai, rawa dan Danau oleh PP

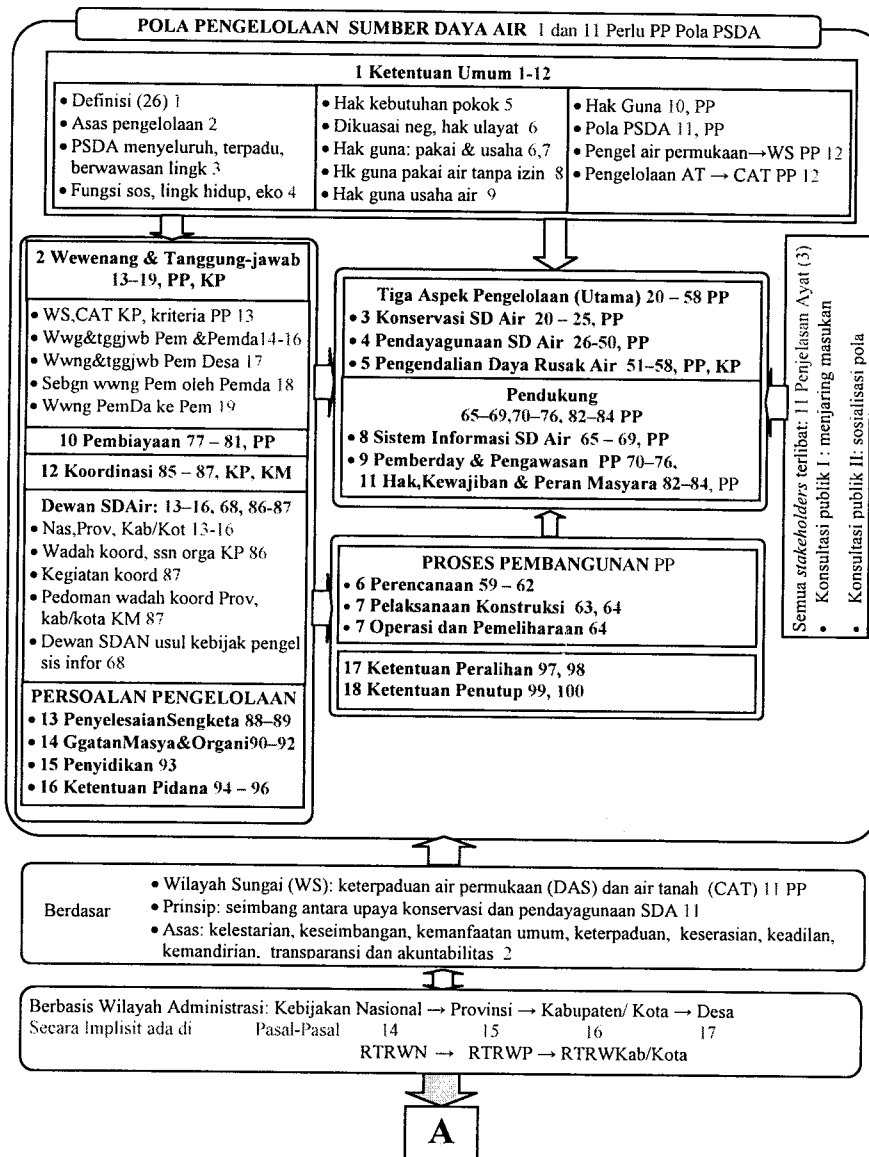
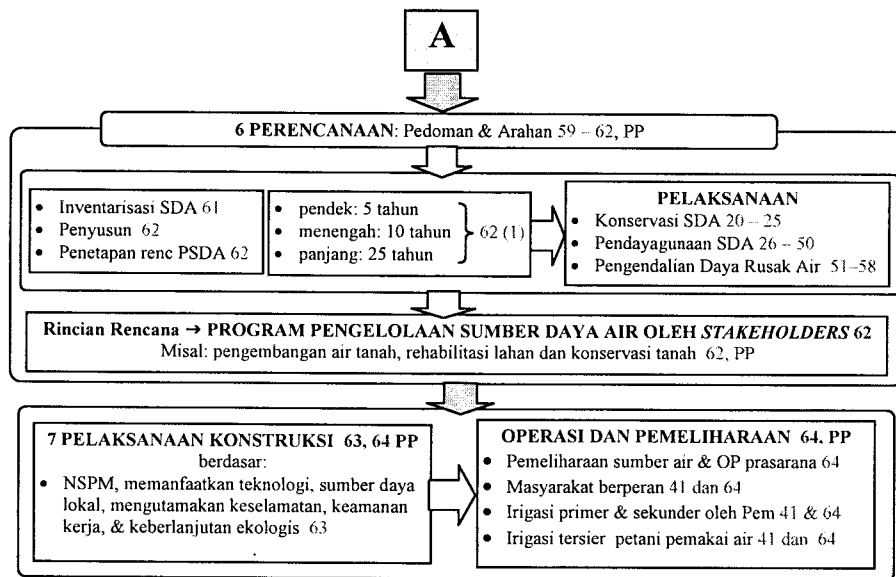
		37	Air Tanah
		38	Pengembangan Fungsi Dan Manfaat Air Hujan
		39	Pengembangan Fungsi Dan Manfaat Air Laut
		40	Pemenuhan Kebutuhan Air Baku Untuk Air Minum Rumah Tangga dll
		41	Pemenuhan Kebutuhan Air Baku Untuk Pertanian
		42	Pengembangan SDA Untuk Industri Dan Pertambangan
		43	Pengembangan SDA Untuk Keperluan Ketenagaan
		44	Pengembangan SDA Untuk Perhubungan
		45	Pengusahaan SDA
		46	Pengaturan dan Penetapan Alokasi Air Pada Sumber Air
		47	Pengawasan Mutu Pelayanan
		48	Syarat Pengusahaan SDA
		49	Pengusahaan Air Untuk Negara Lain Tidak Diijinkan Kecuali
		50	Pengusahaan SDA oleh PP
V	Pengendalian Daya Rusak Air	51	Pengendalian Daya Rusak Air: Cegah, Tanggul, & Pulih
		52	Larangan Usaha Mengakibatkan Terjadinya Daya Rusak Air.
		53	Cara Pencegahan
		54	Cara Penanggulangan
		55	Tanggungjawab
		56	Tindakan Darurat
		57	Pemulihan Daya Rusak Air
		58	Pengendalian Air Permukaan dan Air Tanah
VI	Perencanaan	59	Maksud, Azas dan Pola Perencanaan
		60	Prosedur Perencanaan
		61	Inventarisasi SDA
		62	Instansi Penyusun Rencana Pengelolaan SDA
VII	Pelaksanaan Konstruksi, O & P	63	Pelaks Berdasar Norma, Standar, Pedoman, & Manual
		64	Operasi Dan Pemeliharaan
VIII	Sistem Informasi SDA	65	Penyelenggaraan dan Materi Informasi
		66	Jaringan Informasi
		67	Penyelenggaran Informasi
		68	Pengel Sis Inform Hidrologi, Hidrometeorologi, & Hidrogeologi
		69	Sistem Informasi Diatur oleh PP
IX	Pemberdayaan & Pengawasan	70	Pemberdayaan *Stakeholders*
		71	Pendidikan Khusus Bidang SDA
		72	Penelitian Dan Pengembangan
		73	Hak Penemu dan Temuan Ilmu
		74	Pendampingan Dan Pelatihan

		75	Pengawasan
		76	Pemberdayaan dan Pengawasan oleh PP
X	Pembiayaan	77	Uraian Biaya dan Penganggaran
		78	Yang Membiayai
		79	Biaya Pengusahaan oleh *Stakeholders*, Biaya Sosial oleh Pem
		80	Pengguna dan Biaya Jasa
		81	Pembiayaan Diatur Oleh PP
XI	Hak, Kewajiban, & Peran Masyarakat	82	Hak Masyarakat
		83	Kewajiban Dan Peran Pemegang Hak Guna
		84	Peran Masyarakat
XII	Koordinasi	85	Keterpaduan
		86	Wadah Koordinasi
		87	Kegiatan Koordinasi
XIII	Penyelesaian Sengketa	88	Prinsip Penyelesaian
		89	Sengketa Diselesaikan Sesuai Peraturan Per-UU-an
XIV	Gugatan Masya & Organisasi	90	Hak Masyarakat
		91	Instansi SDA Bertindak
		92	Hak Organisasi SDA
XV	Penyidikan	93	Pejabat Penyidik Pegawai Negeri Sipil (PPNS)
XVI	Ketentuan Pidana	94	Denda Untuk Perorangan
		95	Denda Untuk Perorangan
		96	Denda Untuk Badan Usaha
XVII	Ketentuan Peralihan	97	Peraturan Peralihan Yang Berlaku
		98	Izin Tetap Berlaku
XVIII	Ketentuan Penutup	99	UU No 11 Tahun1974 Tidak Berlaku
		100	Saat Berlaku

Sehubungan dengan Definisi dari Pola Pengelolaan Sumber Daya Air maka secara skematis UU Sumber Daya Air dapat dibuat dengan skema seperti dalam Gambar 8-1.

Catatan:
Angka Uraian Angka
↓ Bab ↓ Jumlah Pasal

Contoh: 3 Konservasi Sumber Daya Air 6
→ Bab 3 Konservasi SDA berisi 6 pasal

Gambar 8-1. Pengelolaan Sumber Daya Air berdasarkan UU No 7 Tahun 2004

Secara lebih detail gambar tersebut ditunjukkan dalam Gambar 8-2 berikut ini.

a. Pola Pengelolaan Sumber Daya Air

b. Perencanaan, Program, Pelaksanaan dan OP

Catatan: angka di depan menunjuk Bab dan angka di belakang menunjuk Pasal, PP = Peraturan Pemerintah, KP = Keputusan Presiden, KM = Keputusan Menteri

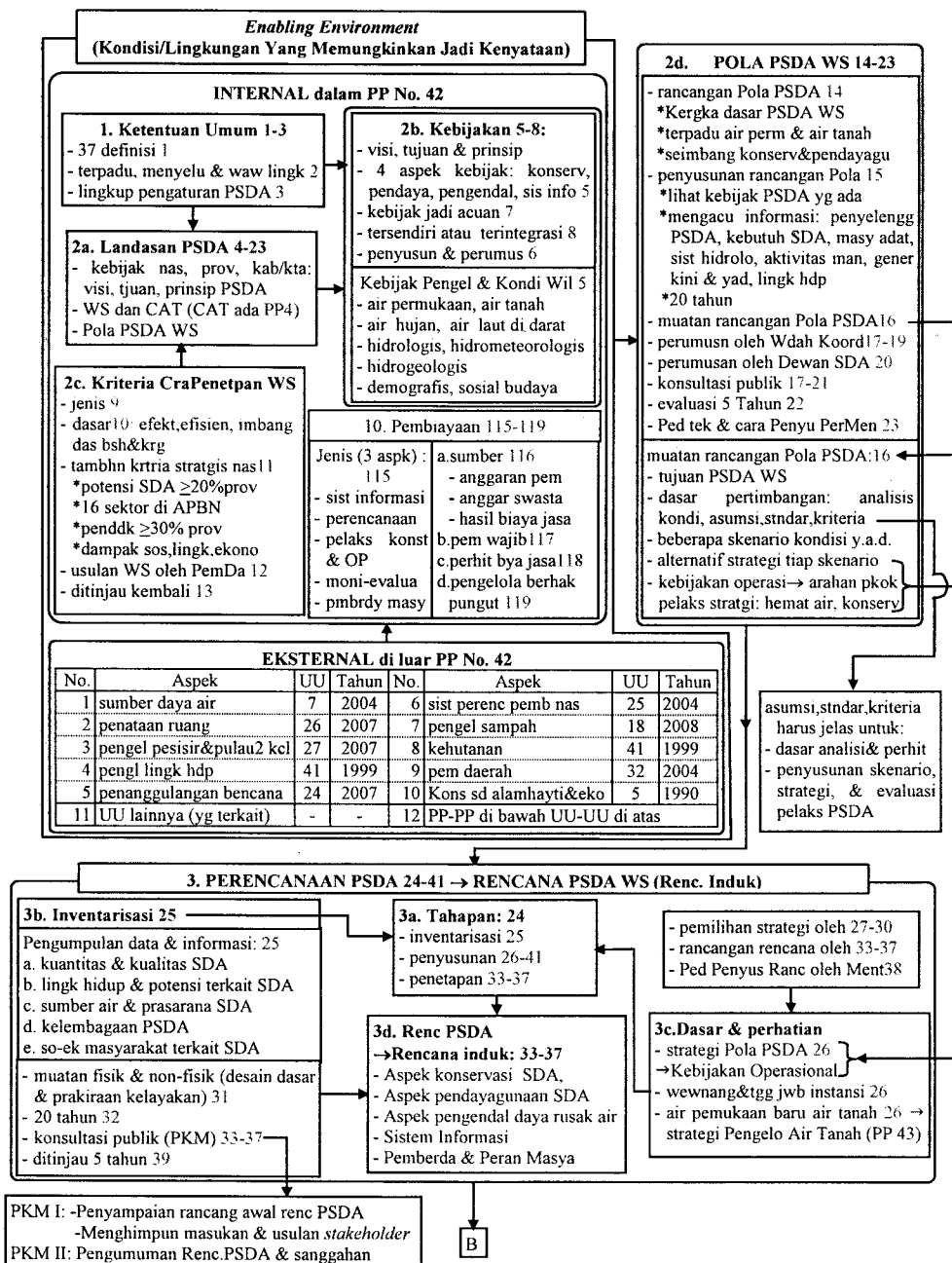
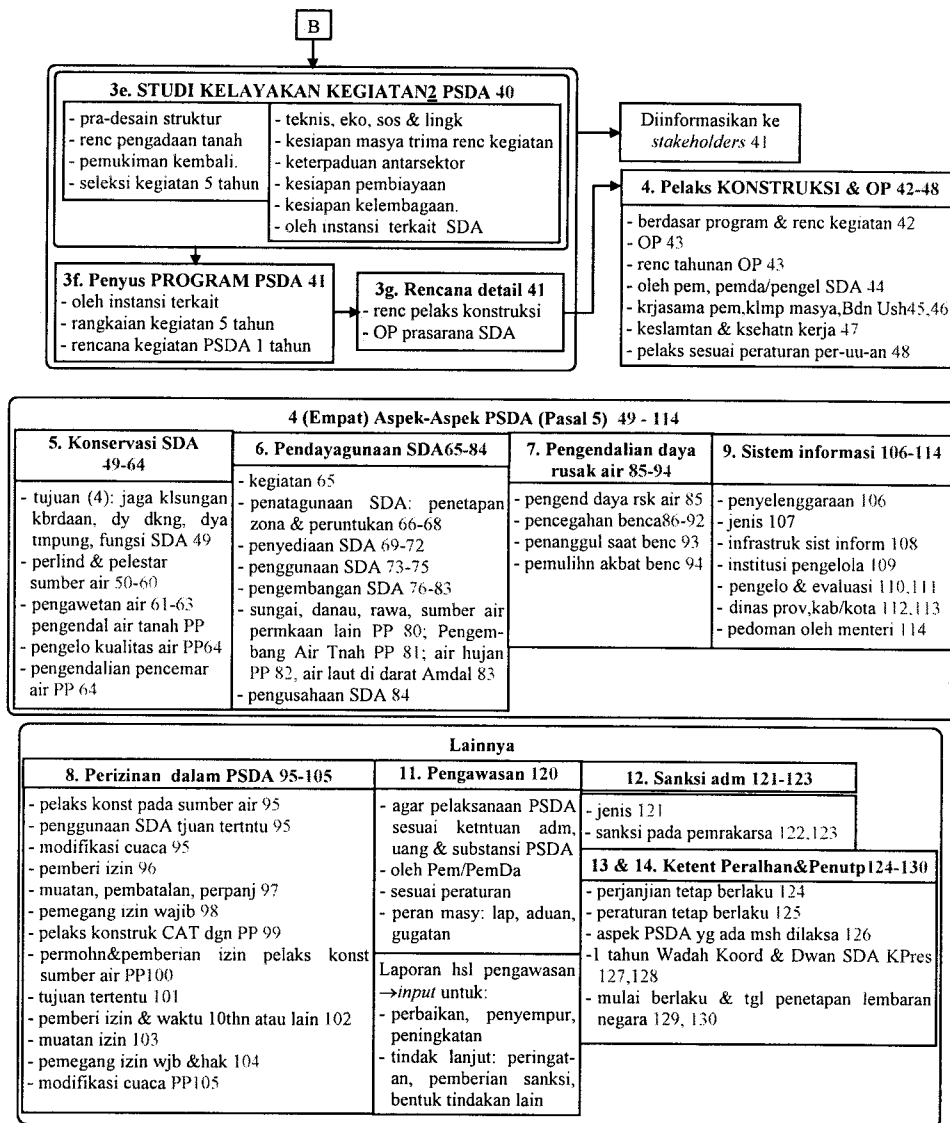
Gambar 8-2. Ringkasan UU No 7 Tahun 2004 dalam bentuk diagram

8.2 Ringkasan PP No 42 Tahun 2008 Pengelolaan Sumber Daya Air

PP No 42 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan SDA terdiri atas 14 Bab 130 Pasal. Secara garis besar isi undang-undang ini ditunjukkan dalam Tabel 8-3.

Tabel 8-3 Garis besar PP Pengelolaan SDA

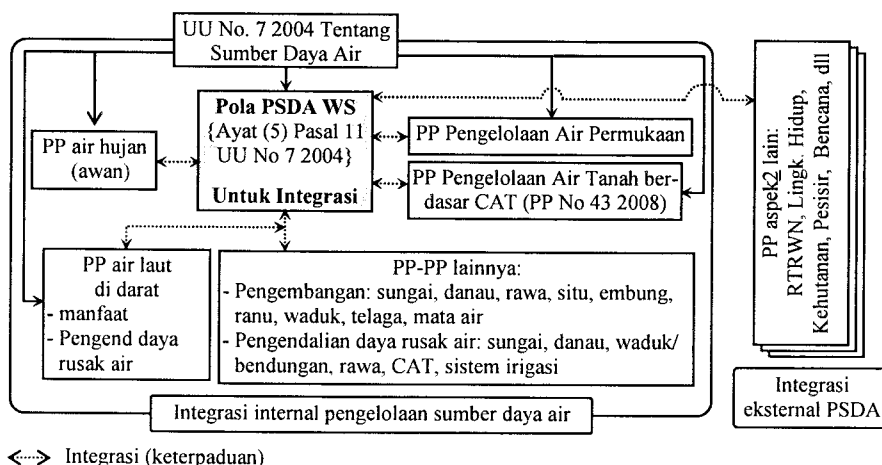
Bab	Uraian Bab dan Bagian	Paragraf	Pasal	Penjelasan
I	**Ketentuan Umum**		1-3	
II	**Landasan Pengelolaan Sumber Daya Air**			
	Bagian I Umum		3	ada
	Bagian II Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Air		4-7	ada
	Bagian III Kriteria dan Tata Cara Penetapan WS		8-12	ada
	Bagian IV Pola Pengelolaan SDA		13-22	ada
III	**Perencanaan Pengelolaan SDA**			
	Bagian I Umum		23	
	Bagian II Inventarisasi SDA		24	ada
	Bagian III Penyusunan dan Penetapan Rencana Pengelolaan SDA		25-40	ada
IV	**Pelaksanaan Konstruksi, Operasi dan Pemeliharaan**		41-47	ada
V	**Konservasi**			
	Bagian I Tujuan dan Lingkup Konservasi		48	ada
	Bagian II Perlindungan dan Pelestarian Sumber Air		49	ada
		Paragraf I	50	ada
		Paragraf II	51	ada
		Paragraf III	52	ada
		Paragraf IV	53	
		Paragraf V	54	ada
		Paragraf VI	55	
		Paragraf VII	56,57	ada
		Paragraf VIII	58	ada
		Paragraf IX	59	
	Bagian III Pengawetan Air		60-62	ada
	Bagian IV Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air		63	ada
VI	**Pendayagunaan SDA**			
	Bagian I Umum		64	ada
	Bagian II Penetapan Zona Pemanfaatan Sumber Air		65	ada
	Bagian III Penetapan Peruntukan Air pada Sumber Air		66,67	ada
	Bagian IV Penyediaan SDA		68-71	ada
	Bagian V Penggunaan SDA		72-74	ada
	Bagian VI Pengembangan SDA		75-82	ada
	Bagian VII Pengusahaan SDA		83	
VII	**Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana**			
	Bagian I Umum		84	ada
	Bagian II Pencegahan Bencana akibat Daya Rusak Air		85-91	ada
	Bagian III Penanggulangan Daya Rusak Air		92	ada
	Bagian IV Pemulihan Akibat Bencana		93	ada
VIII	**Perizinan dalam Pengelolaan SDA**		94-104	ada
IX	**Sistem Informasi**		105-113	ada
X	**Pembiayaan**		114-118	ada
XI	**Pengawasan**		119	
XII	**Sanksi Administratif**		120-124	
XIII	**Ketentuan Peralihan**		125-129	
XIV	**Ketentuan Penutup**		130	

Secara lebih detail garis besar PP Pengelolaan Sumber Daya Air (internal /dalam PP) dan keterkaitannya dengan peraturan perundangan yang lain (eksternal /di luar PP) diilustrasikan dalam Gambar 8-3 berikut ini.

a. *Enabling environment*, Pola dan Perencanaan (Rencana Induk) PSDA

b. Studi kelayakan, penyusunan program PSDA, renc. Detail, pelaksnaan konstruksi & OP, aspek PSDA dan lainnya

Catatan:
- Angka di depan menunjuk bab, contoh "10. Pembiayaan" berarti Bab X Pembiayaan
- Angka di belakang menunjuk pasal, contoh "rancangan 14", berarti rancangan ada di Pasal 14

Gambar 8-3. Diagram ringkasan PP No. 42 Tahun 2008

8.3 Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai (PSDA WS)

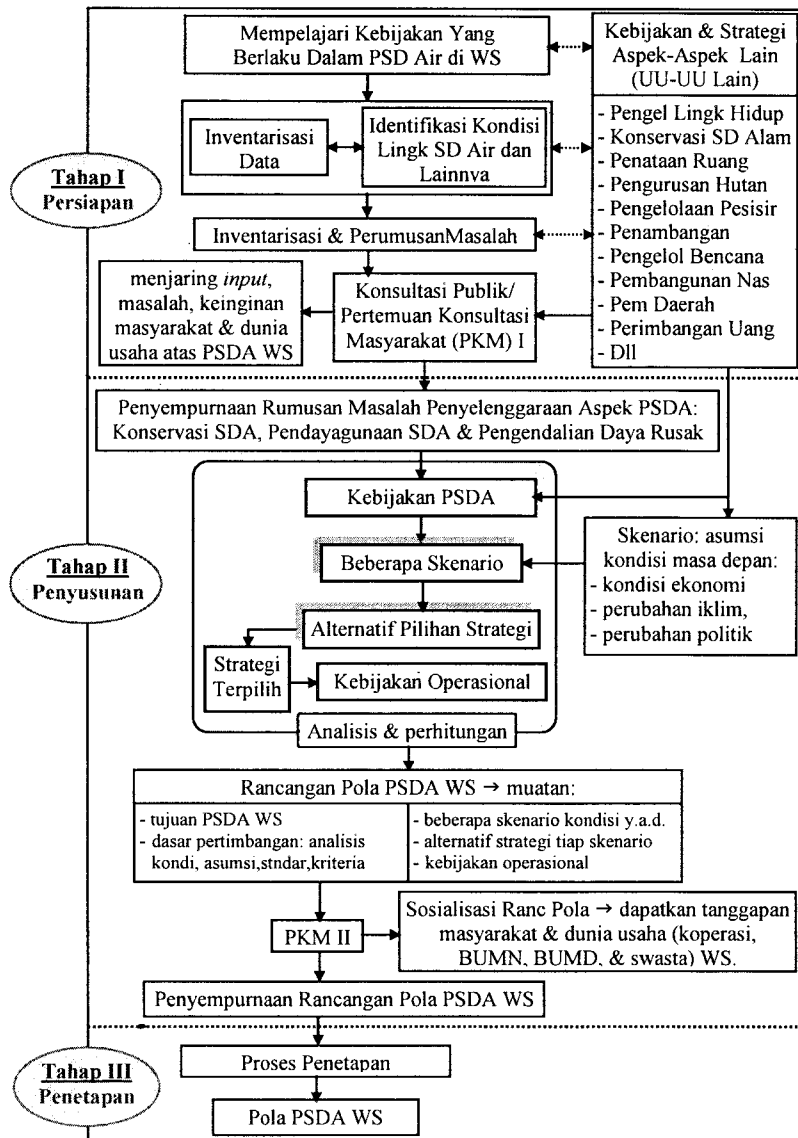
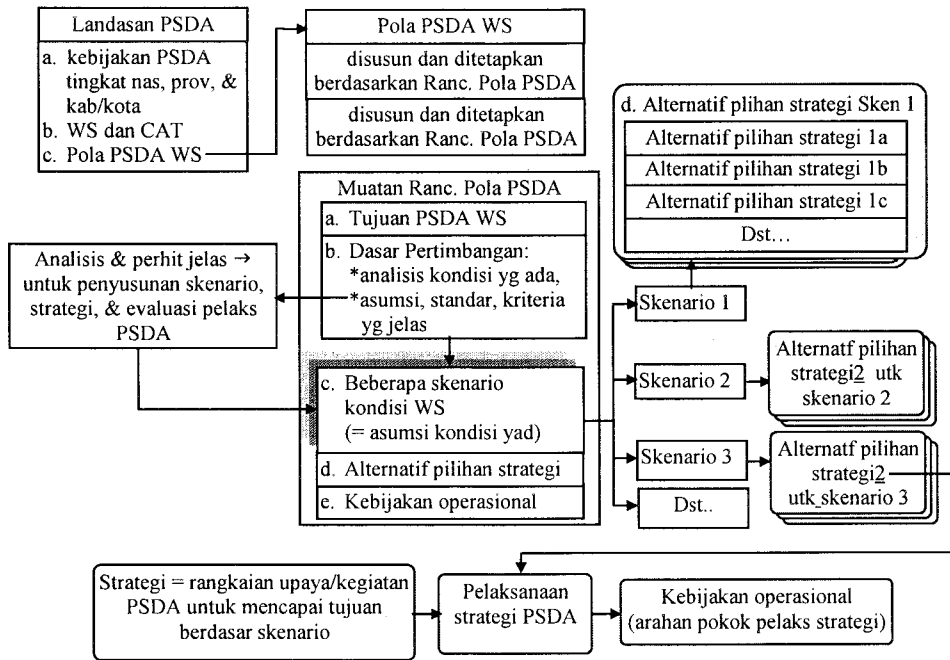
Pada prinsipnya Pola PSDA WS merupakan pengintegrasian (pemaduan) dari Pengelolaan Air Permukaan, Pengelolaan Air Tanah, Pengelolaan Air Laut yang berada di darat, Pengelolaan Air Hujan dan bagian Sumber Daya Air Lainnya seperti sungai, rawa, irigasi dan lainnya sesuai dengan definisi "Air" dalam UU No 7 Tahun 2004 sebagai integrasi internal serta integrasi dengan aspek yang lain seperti: Lingkungan Hidup, Konservasi SD Alam, Penataan Ruang, Kehutanan dan lainnya sebagai integrasi eksternal. Gambar 8-4 menunjukkan pengintegrasian tersebut.

Gambar 8-4. Pola PSDA Wilayah Sungai sebagai integrasi/keterpaduan internal & eksternal PSDA

Dalam integrasi internal pengelolaan sumber daya air, sampai saat ini sudah ada PP No 42 Tahun tentang Pengelolaan Sumber Daya Air, PP No 43 Tahun 2008 Tentang Air Tanah, PP No 16 Tentang Tahun 2005 Tentang Air Minum, PP No 20 Tahun 2006 Tentang Irigasi dan Rancangan PP-PP yang lain seperti RPP Rawa, RPP Sungai, RPP Bendungan dan lainnya.

Termasuk untuk melihat integrasi pengelolaan sumber daya air secara eksternal, salah satunya adalah telah tersusunnya PP No 26 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN) yang merupakan arahan kebijakan dan strategi pemanfaatan ruang wilayah nasional.

Berikut ditunjukkan:
- tahapan dan bagan alir pola PSDA WS
- Daftar Isi Rancangan Pola PSDA WS

1. Tahapan dan Bagan Alir Penyusunan

Tahapan dan bagan alir penyusunan Pola PSDA WS ditunjukkan dalam Gambar 8-5.

a. Tahapan penyusunan Pola PSDA WS (Direktorat Bina PSDA, 2009)

b. Bagan alir penyusunan Pola PSDA WS (Kodoatie, 2009h)

Gambar 8-5. Tahapan dan bagan alir penyusunan Pola PSDA WS

2. Daftar Isi Rancangan Pola PSDA WS

BAB 1 PENDAHULUAN
- 1.1 Latar belakang
- 1.2 Isu-Isu Strategis: *Global Warming*, Mellinium Development Goals (MDG's), Ketahanan Pangan, dll.)
- 1.3 Maksud dan tujuan
- 1.4 Ruang lingkup
- 1.5 Sistimatika Penulisan

BAB2 LANDASAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR
- 2.1 Kebijakan PSDA
  - 2.1.1 Visi & Misi
  - 2.1.2 Tujuan
  - 2.1.3 Prinsip PSDA
- 2.2 Kebijakan Dan Strategi Aspek-Aspek Lain
  - 2.2.1 Pengelolaan Lingkungan Hidup (UU 23 Tahun 1997)
  - 2.2.2 Penataan ruang (UU No 26 Tahun 2007)
  - 2.2.3 Pengelolaan Pesisir & Pulau2 kecil (UU No 27 Tahun 2007)
  - 2.2.4 Penanggulangan Bencana (UU No 24 Tahun 2007)
  - 2.2.5 Sist Perenc Pembangunan Nasional (UU No 25 2004)
  - 2.2.6 Pengelolaan Sampah (UU No 18 2008)

5.3.2.2 Daerah Cekungan Air Tanah (CAT) Dan Daerah Bukan (Non) CAT
5.3.2.3 Analisis SDA dalam WS
5.3.3 Analisis Skenario (Misal kondisi ekonomi, rendah, sedang atau tinggi)
5.3.4 Analisis Strategi
5.3.5 Analisis Kebijakan Operasional
BAB 6 MUATAN RANCANGAN POLA PSDA WS
6.1 Tujuan PSDA WS
6.2 Dasar pertimbangan: analisis kondisi, asumsi, standar dan kriteria
6.3 Beberapa skenario kondisi y.a.d.
6.4 Alternatif strategi tiap skenario
6.5 Kebijakan operasional
6.6 Matriks Rancangan Pola PSDA WS
Bab 7 KONSULTASI PUBLIK
7.1 Konsultasi Publik I/Pertemuan Konsultasi Masyarakat (PKM) I
7.2 Konsultasi Publik I/PKM II
BAB 8 PEMBIAYAAN
8.1 Pembiayaan dan jenis biaya
8.2 Sumber Dana
8.3 Kewajiban Pem dan Pemerintah Daerah
8.4 Biaya Jasa
BAB 9 PENETAPAN POLA PSDA
9.1 Pertimbangan
9.2 Penetapan
BAB 10 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

Gambar 8-6. Daftar Isi Rancangan Pola PSDA WS

8.4 Perencanaan Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai

Perencanaan PSDA disusun sesuai dengan prosedur dan persyaratan melalui tahapan yang ditetapkan dalam standar perencanaan yang berlaku secara nasional yang mencakup inventarisasi sumber daya air, penyusunan, dan penetapan rencana pengelolaan sumber daya air.

Rencana PSDA merupakan penjabaran dari Pola PSDA. Rencana dilakukan melalui inventarisasi sumber daya air serta penyusunan dan penetapan rencana pengelolaan sumber daya air.

Rencana pengelolaan sumber daya air merupakan rencana induk yang menjadi dasar bagi penyusunan program dan pelaksanaan kegiatan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air oleh setiap sektor dan wilayah administrasi.

Rencana induk tersebut memuat pokok-pokok program aspek-aspek PSDA (konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air) yang meliputi upaya fisik dan nonfisik, termasuk prakiraan kelayakan serta desain dasar upaya fisik.

Rencana PSDA merupakan salah satu unsur dalam penyusunan, peninjauan kembali, dan/atau penyempurnaan rencana tata ruang wilayah.

Berikut ditunjukkan: - Tahapan dan Bagan Alir Rencana PSDA WS
- Daftar Isi Rancangan Rencana PSDA WS

1. Tahapan dan Bagan Alir Proses Penyusunan Rencana PSDA WS

Tahapan dan bagan alir proses penyusunan Rencana PSDA WS ditunjukkan dalam Gambar 8-7.

TAHAP I
PERSIAPAN

HASIL STUDI POLA PSDA WS:
Skenario, Strategi, Dan Kebijakan Operasional

Pemilihan Strategi[1] ← Dipilih oleh wadah koordinasi SDA WS [2]

Strategi terpilih

TAHAP II
PENYUSUNAN

Start

Pengumpulan Data (tambahan)[3], Survey Investigasi

Substansi Rancangan Awal Rencana PSDA WS (keterpaduan air permukaan & air tanah)
- Rancangan instrumen pengaturan yang diperlukan & rencana upaya non fisik lainnya
- Perkiraan kelayakan
- Desain dasar
  - Penanganan infrastruktur yang sudah ada
  - Infrastruktur baru
  - Upaya fisik lainnya (misalnya penghijauan dll.)
- Alokasi ruang permukiman kembali untuk penduduk yang dipindahkan
- Agenda pelaksanaan/penjadwalan

Pertemuan Konsultasi Masyarakat (PKM) 1 [4]

Rancangan Rencana Pengelolaan SDA WS

TAHAP III
PENETAPAN

PKM 2 : Pengumuman secara terbuka untuk menampung sanggahan

Penetapan Rencana PSDA (sesuai dengan kriteria WS)

Ditindaklanjuti melalui program-program pada masing2 sektor

Keterangan gambar:

[1] Pemilihan strategi didasarkan pada kesesuaian /kecocokan antara strategi dengan realita kondisi saat ini

[2] Yang memilih Strategi adalah wadah koordinasi SDA WS. Apabila pada WS tersebut tidak / belum terbentuk wadah koordinasi SDA WS maka yang berwenang melakukan pemilihan strategi dapat dilihat pada ketentuan sebagaimana yang diatur dalam Psl. 27-30, PP No. 42 th. 2008 tentang PSDA.

[3] Data yang dihimpun antara lain meliputi :
a. kuantitas dan kualitas SDA
b. sumber air dan prasarana SDA
c. kelembagaan pengeglolaan SDA
d. kondisi lingkungan hidup dan potensi yang terkait dengan SDA
e. kondisi sosial ekonomi masyarakat yang terkait dengan SDA

[4] Tujuan PKM 1 ini adalah untuk :
a. Menyampaikan rancangan awal rencana PSDA
b. Menghimpun masukan dan usulan dari *stakeholder*

Gambar 8-7. Tahapan dan bagan alir proses penyusunan Rencana PSDA WS (Direktur Bina PSDA, 2008)

2. Daftar Isi Rancangan Rencana PSDA WS

BAB 1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang
1.2 Maksud Dan Tujuan
1.3 Ruang Lingkup
1.4 Sistimatika Penulisan
BAB 2 Prosedur Dan Persyaratan
2.1 Tahapan
2.2 Standar Perencanaan
BAB 3 Dasar Dan Perhatian
3.1 Strategi Pola PSDA
3.1.1 Pemilihan Strategi
3.1.2 Kebijakan Operasional
3.2 Kewenangan Dan Tanggung jawab
3.3 Air Permukaan
3.4 Air Tanah (PP No 43 Tahun 2008)
3.4.1 Kebijakan Pengelolaan Air Tanah (AT)
3.4.2 Strategi (=Pola) Pengelolaan AT
3.4.3 Skenario Pengelolaan AT
3.4.4 Tindakan/Langkah2 Operasional Melaksanakan Skenario
BAB 4 Inventarisasi, Pengumpulan Data Dan informasi
4.1 Kualitas Dan Kuantitas Sumber Daya Air
4.1.1 Penggunaan Sumber Daya Air
4.1.2 Ketersediaan Sumber Daya Air
4.1.3 Kebutuhan Sumber Daya Air
4.1.4 Parameter Fisik, Kimia Dan Biologi
4.2 Kondisi Lingkungan Hidup Dan Potensi Yang Terkait Dengan Sumber Daya Air
4.2.1 Kondisi Lingkungan
4.2.1.1 Kondisi Daerah Tangkapan Air (DTA)
4.2.1.2 Erosi Dan Sedimentasi
4.2.1.3 Daerah Rawan Banjir Dan Kekeringan
4.2.1.4 Keanekaragaman Hayati
4.2.1.5 Kondisi Daerah Resapan Air Dan Kondisi Sanitasi Lingkungan
4.2.2 Potensi Yang Terkait
4.2.2.1 Potensi Pengembangan Irigasi
4.2.2.2 Industri
4.2.2.3 Perkotaan
4.2.2.4 Ketenagaan
4.2.2.5 Pariwisata
4.2.2.6 Potensi Lainnya
4.3 Sumber Air Dan Prasarana Sumber Daya Air
4.3.1 Data Dan Informasi Sumber Air
4.3.1.1 Jenis
4.3.1.2 Kapasitas
4.3.1.3 Jumlah
4.3.1.4 Kondisinya
4.3.2 Data Dan Informasi Prasarana Sumber Daya Air
4.3.2.1 Jenis

- 4.3.2.2 Kapasitas
- 4.3.2.3 Jumlah
- 4.3.2.4 Kondisinya
- 4.4 Kelembagaan Sumber Daya Air
- 4.5 Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat

BAB 5 Penyusunan Rancangan Rencana PSDA Wilayah Sungai

- 5.1 Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air
  - 5.1.1 Rencana Induk Aspek Pengelolaan Sumber Daya Air
    - 5.1.1.1 Rencana Induk Konservasi Sumber Daya Air
      - Pokok-Pokok Program
      - Kegiatan
    - 5.1.1.2 Rencana Induk Pendayagunaan Sumber Daya Air
    - 5.1.1.3 Rencana Induk Pengendalian Daya Rusak Air
  - 5.1.2 Pendukung Pengelolaan Sumber Daya Air
    - 5.1.2.1 Sistem Informasi
    - 5.1.2.2 Pemberdayaan Dan Peran Masyarakat
- 5.2 Muatan
  - 5.2.1 Rancangan Instrumen Pengaturan Yang Diperlukan
  - 5.2.2 Upaya Fisik Infrastruktur Yang Ada Dan Desain Baru
    - 5.2.2.1 Desain Dasar (Lokasi, Tata Letak, Perkiraan Tipe Ukuran Bangunan, Ketersediaan Bahan, Lokasi Buangan Bahan Galian
    - 5.2.2.2 Prakiraan Kelayakan
  - 5.2.3 Upaya Non-Fisik Kondisi Yang Ada Dan Rencana Pengembangan Baru
    - 5.2.3.1 Desain Dasar (jenis kegiatan, lokasi, dan waktu pelaksanaan)
    - 5.2.3.2 Prakiraan Kelayakan

BAB 6 Lain-lain

- 6.1 Jangka Waktu (20 tahun)
- 6.2 Konsultasi Publik
  - 6.2.1 Konsultasi Publik I/Pertemuan Konsultasi Masyarakat I
  - 6.2.2 Konsultasi Publik II/PKM II)
- 6.3 Evaluasi Dan Peninjauan Setiap 5 Tahun

BAB 7 Pembiayaan

- 7.1. Pembiayaan Dan Jenis Biaya
- 7.2 Sumber Dana
- 7.3 Kewajiban Pemerintah Dan Pemerintah Daerah
- 7.4 Biaya Jasa

BAB 8 Substansi Terkait Dengan Sumber Daya Air

- 8.1 Pengelolaan Lingkungan Hidup (UU 23 Tahun 1997)
- 8.2 Penataan Ruang (UU No 26 Tahun 2007)
- 8.3 Pengelolaan Pesisir & Pulau2 Kecil (UU No 27 Tahun 2007)
- 8.4 Penanggulangan Bencana (UU No 24 Tahun 2007)
- 8.5 Sist Perencanaan Pembangunan Nasional (UU No 25 Tahun 2004)
- 8.6 Pengelolaan Sampah (UU No 18 Tahun 2008)
- 8.7 Kehutanan (UU No 41 Tahun 1999)
- 8.8 Pemerintahan Daerah (UU No 32 Tahun 2004)
- 8.9 Konservasi Sumber Daya Alam Hayati Dan Ekosistemnya (UU No 5 1990)

Gambar 8-8. Daftar Isi Rancangan Rencana PSDA WS

8.5 Studi Kelayakan, Program, Rencana Kegiatan, Dan Rencana Detail

Rencana PSDA yang telah ditetapkan ditindaklanjuti dengan melakukan studi kelayakan. Studi kelayakan merupakan kajian untuk menilai kelayakan dari kegiatan-kegiatan PSDA yang terdapat di dalam rencana PSDA yang dapat dilaksanakan dalam jangka menengah. Dalam studi kelayakan sudah termasuk pra-desain struktur yang akan dibangun dan rencana pengadaan tanah dan/atau pemukiman kembali.

Studi kelayakan dimaksudkan untuk menyeleksi kegiatan-kegiatan PSDA yang akan dilaksanakan untuk jangka waktu 5 tahun dilakukan oleh instansi yang terkait dengan sumber daya air, mencakup:
1. kelayakan teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan
2. kesiapan masyarakat untuk menerima rencana kegiatan
3. keterpaduan antarsektor
4. kesiapan pembiayaan
5. kesiapan kelembagaan.

Studi kelayakan ditindaklanjuti dengan penyusunan program PSDA. Program disusun dan ditetapkan oleh instansi terkait sesuai dengan lingkup tugas dan fungsi masing-masing dengan berpedoman pada rencana PSDA dan ketentuan peraturan perundang-undangan.

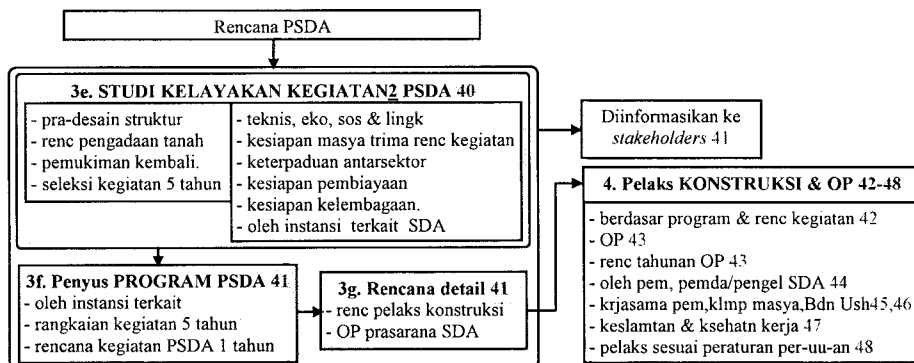
Program PSDA mencakup rangkaian kegiatan pengelolaan yang dapat dilaksanakan untuk jangka waktu 5 (lima) tahun yang ditindaklanjuti dengan penyusunan rencana kegiatan PSDA.

Rencana kegiatan disusun dan ditetapkan oleh instansi terkait sesuai dengan lingkup tugas dan fungsi masing-masing dengan berpedoman pada rencana PSDA dan ketentuan peraturan perundang-undangan dan merupakan kegiatan-kegiatan PSDA yang akan dilaksanakan dalam jangka waktu 1 (satu) tahun.

Penyusunan program dan rencana kegiatan PSDA dilakukan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

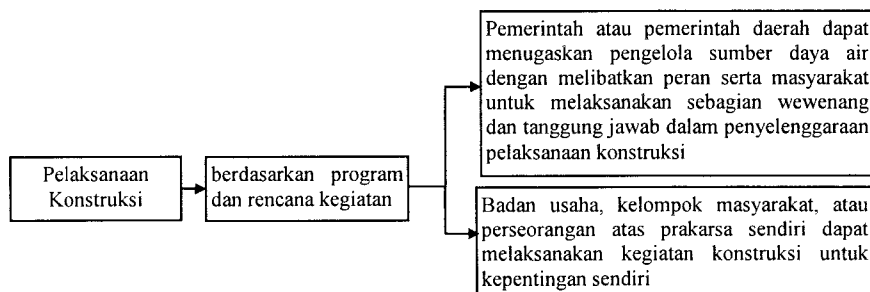
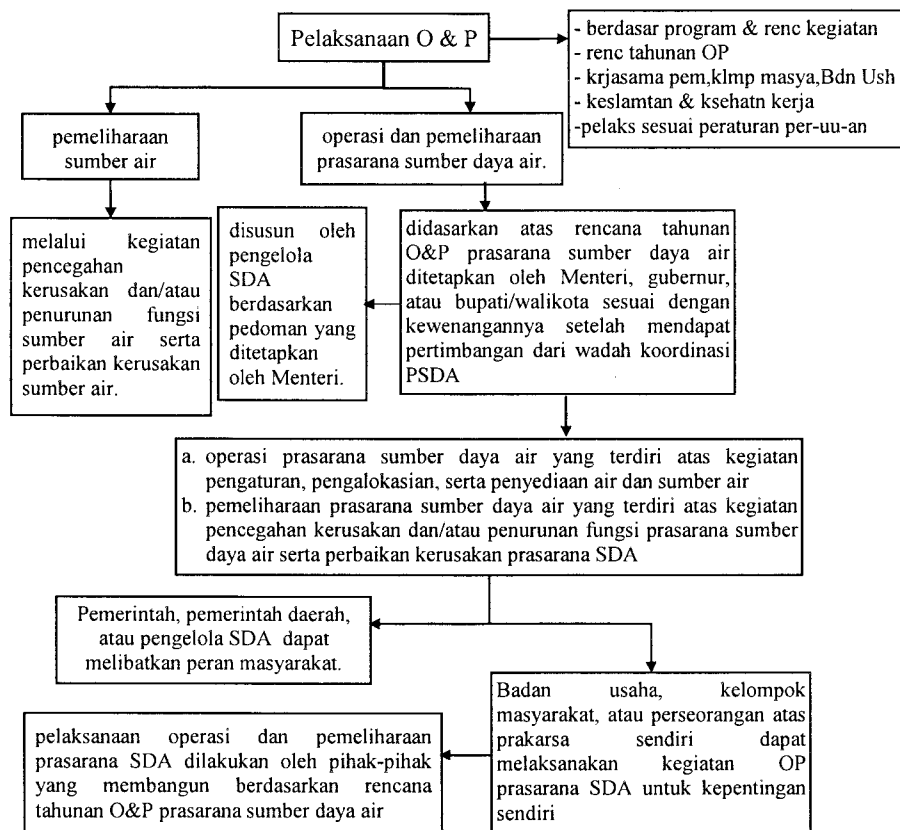
Rencana kegiatan diuraikan ke dalam rencana detail yang memuat rencana pelaksanaan konstruksi serta operasi dan pemeliharaan prasarana sumber daya air. Apabila dalam rencana kegiatan terdapat pengadaan lahan/tanah, rencana detailnya memuat pula rencana pengadaan tanah dan/atau rencana pemukiman kembali.

Studi kelayakan, program, rencana kegiatan, dan rencana detail PSDA diinformasikan kepada pemilik kepentingan.

Secara ringkas, studi kelayakan, program, rencana kegiatan, dan rencana detail PSDA ditunjukkan dalam Gambar

Gambar 8-9. Studi kelayakan, program, rencana kegiatan, dan rencana detail PSDA

8.6 Pelaksanaan Konstruki, Operasi Dan Pemeliharaan

8.6.1 Umum

Pelaksanaan konstruksi dan pelaksanaan operasi dan pemeliharaan sumber daya air dapat dilihat dalam Gambar 8-10.

a. Pelaksanaan konstruksi

b. Pelaksanaan operasi dan pemeliharaan sumber daya air

Gambar 8-10. Pelaksanaan konstruksi dan pelaksanaan operasi dan pemeliharaan sumber daya air

8.6.2 Kerjasama Pelaksanaan Konstruksi, Operasi dan Pemeliharaan

Kerjasama pelaksanaan konstruksi dan pelaksanaan operasi dan pemeliharaan sumber daya air dapat dilakukan. Detailnya ditunjukkan dalam Gambar 8-11.

1. Pelaksanaan konstruksi prasarana SDA serta O & P prasarana SDA memperhatikan ketentuan pengelolaan lingkungan hidup dan memenuhi persyaratan keselamatan dan kesehatan kerja sebagaimana diatur dalam peraturan perundang-undangan.
2. Konstruksi prasarana SDA serta O & P prasarana SDA dilaksanakan berdasarkan norma, standar, pedoman, dan manual yang ditetapkan oleh Menteri.
3. Sebelum konstruksi dan/atau O & P prasarana SDA dilaksanakan, pemrakarsa menginformasikan kepada kelompok masyarakat yang diperkirakan terkena dampak kegiatan pelaksanaan konstruksi.
4. Dalam hal pelaksanaan konstruksi prasarana SDA serta O & P prasarana SDA menimbulkan kerusakan pada sumber air dan/atau lingkungan di sekitarnya, pemrakarsa pelaksanaan konstruksi serta O & P wajib melakukan upaya pemulihan atau perbaikan atas akibat kerusakan yang ditimbulkannya.
5. Dalam hal pelaksanaan konstruksi prasarana SDA serta O & P prasarana SDA menimbulkan kerugian pada masyarakat, pemrakarsa wajib memberikan ganti kerugian yang ditimbulkan.
6. Ganti kerugian diberikan sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Gambar 8-11. Kerjasama beberapa pihak dalam Pelaksanaan Konstruksi, Operasi dan Pemeliharaan prasarana sumber daya air

8.7 Aspek Pengelolaan Sumber Daya Air

Aspek pengelolaan sumber daya air terdiri dari aspek utama dan pendukung. Aspek utama yaitu konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Sedangkan pendukung terdiri dari sistem informasi serta pemberdayaan dan peran masyarakat. Aspek pengelolaan sumber daya air ini disusun sesuai dengan kondisi wilayah masing-masing.

Aspek dan pendukung tersebut secara singkat dijelaskan dalam sub-bab-sub-bab berikut.

8.7.1 Aspek Konservasi Sumber Daya Air

Menurut UU No 7 Tahun 2004, konservasi SDA dilakukan melalui kegiatan-kegiatan:

1. perlindungan dan pelestarian sumber air
2. pengawetan air
3. pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air

Kegiatan-kegiatan konservasi sumber daya air tersebut mengacu pada Pola PSDA yang ditetapkan pada setiap wilayah sungai.

PP No 42 Tahun 2008 mendefinisikan:

- Pelindungan sumber air adalah upaya pengamanan sumber air dari kerusakan yang ditimbulkan, baik akibat tindakan manusia maupun gangguan yang disebabkan oleh daya alam.
- Pengawetan air adalah upaya pemeliharaan keberadaan dan ketersediaan air atau kuantitas air agar tersedia sesuai dengan fungsi dan manfaatnya
- Pengelolaan kualitas air adalah upaya mempertahankan dan memulihkan kualitas air yang masuk dan yang berada di sumber air.
- Zona pemanfaatan sumber air adalah ruang pada sumber air yang dialokasikan, baik sebagai fungsi lindung maupun sebagai fungsi budi daya

Detail kegiatan konservasi sumber daya air ditunjukkan dalam Gambar 8-12.

Konservasi Sumber Daya Air

1. perlindungan & pelestarian sumber air
   1. pemeliharaan kelangsungan fungsi resapan air dan daerah tangkapan air
   2. pengendalian pemanfaatan sumber air
   3. pengisian air pada sumber air
   4. pengaturan prasarana & sarana sanitasi
   5. perlindungan sumber air dalam hubungannya dengan kegiatan pembangunan dan pemanfaatan lahan pada sumber air
   6. pengendalian pengolahan tanah di daerah hulu
   7. pengaturan daerah sempadan sumber air
   8. rehabilitasi hutan dan lahan
   9. pelestarian hutan lindung, kawasan suaka alam, & kawasan pelestarian alam.

   → kegiatan fisik dan nonfisik.

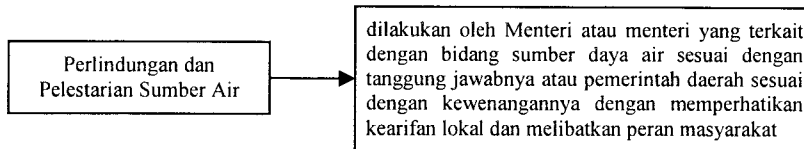
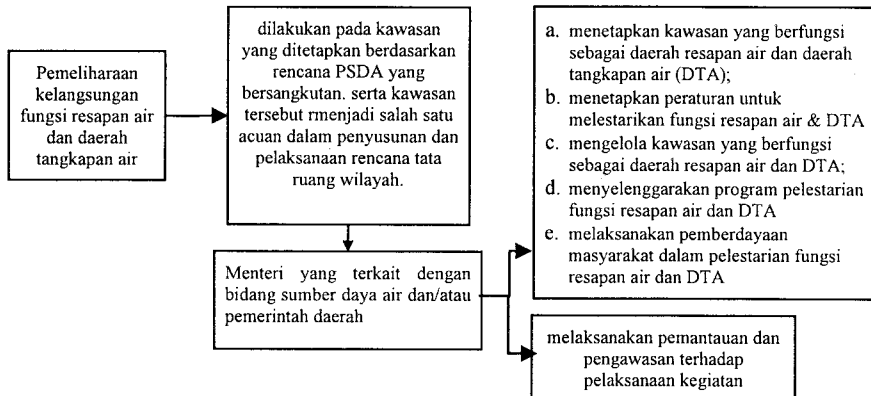
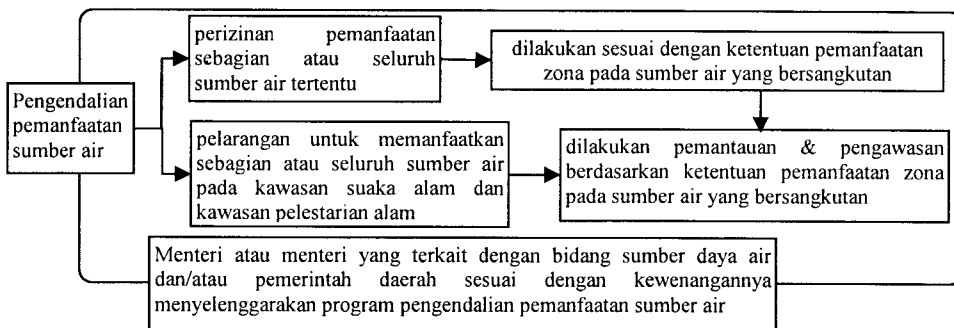
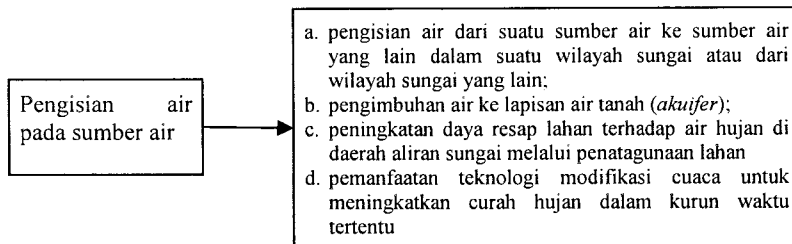
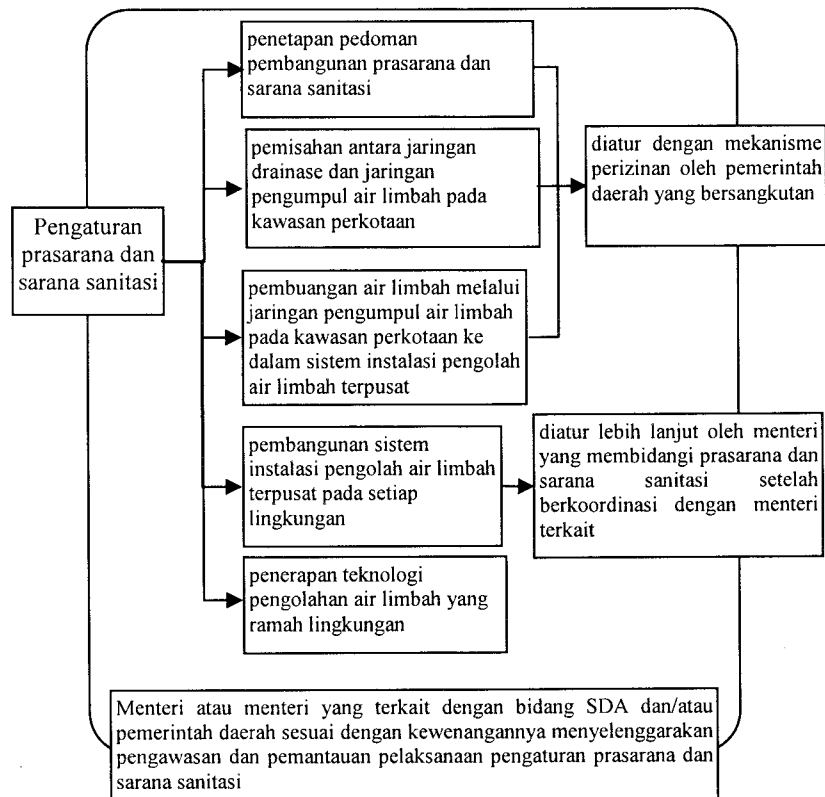
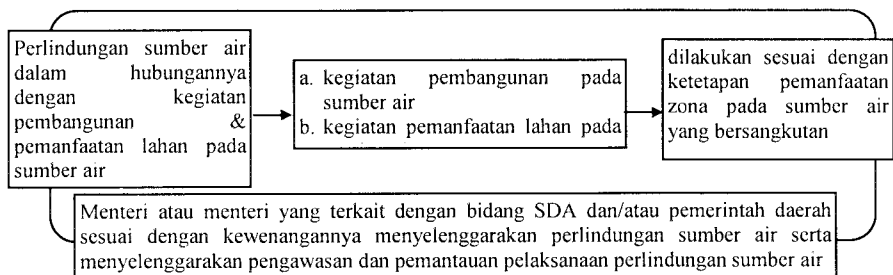
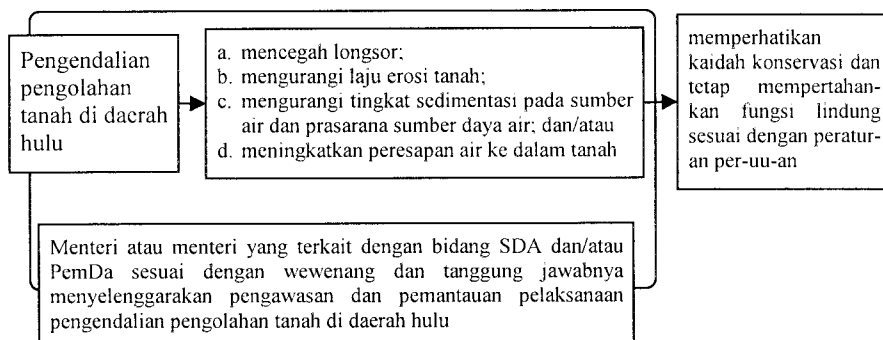
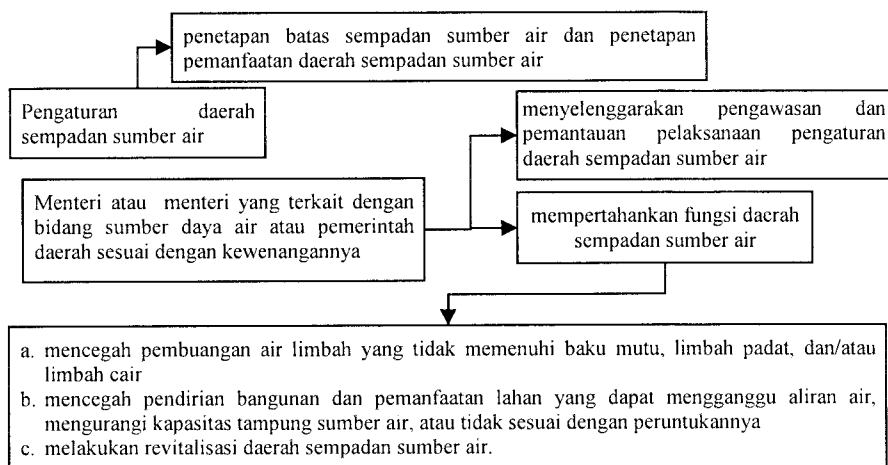
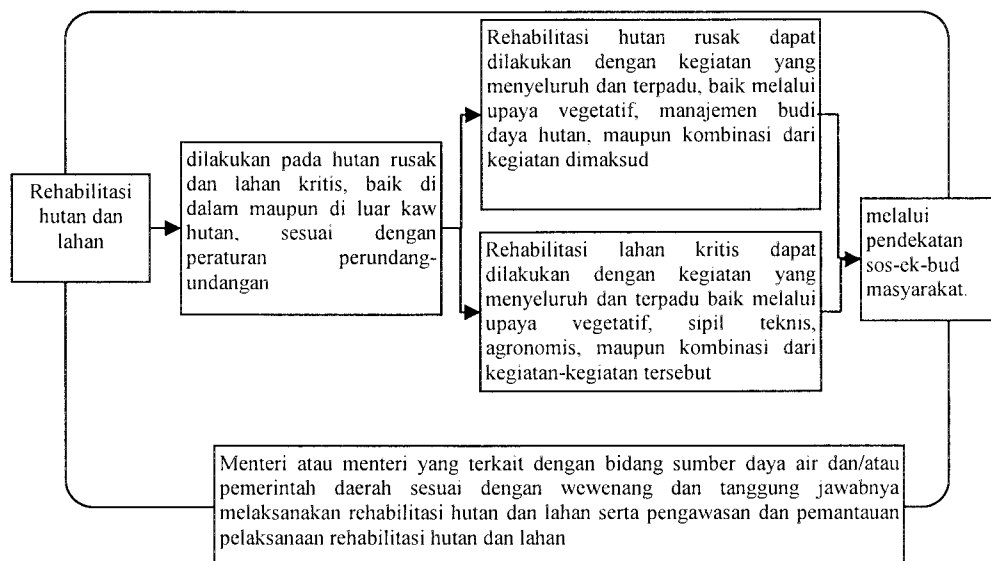
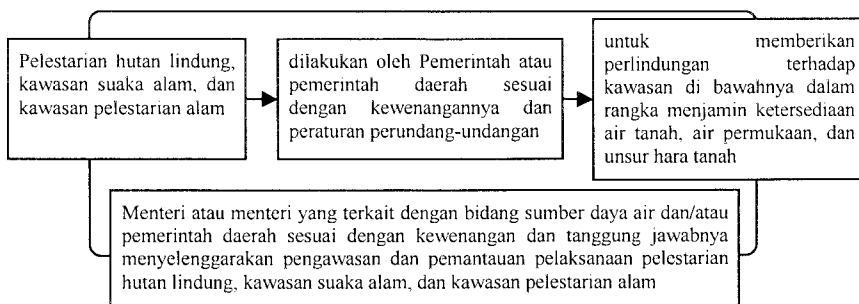
2. pengawetan air
   1. menyimpan air yang berlebihan di saat hujan untuk dapat dimanfaatkan pada waktu diperlukan
   2. menghemat air dengan pemakaian yang efisien dan efektif
   3. mengendalikan penggunaan air tanah.
   4. Penyimpanan air dapat dilakukan melalui pembuatan tampungan air hujan, kolam, embung, atau waduk.

3. pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air
   1. memperbaiki kualitas air pada sumber air & prasarana SDA
   2. mencegah masuknya pencemaran air pada sumber air dan prasarana SDA

untuk menjaga kelangsungan keberadaan, daya dukung, daya tampung, dan fungsi sumber daya air

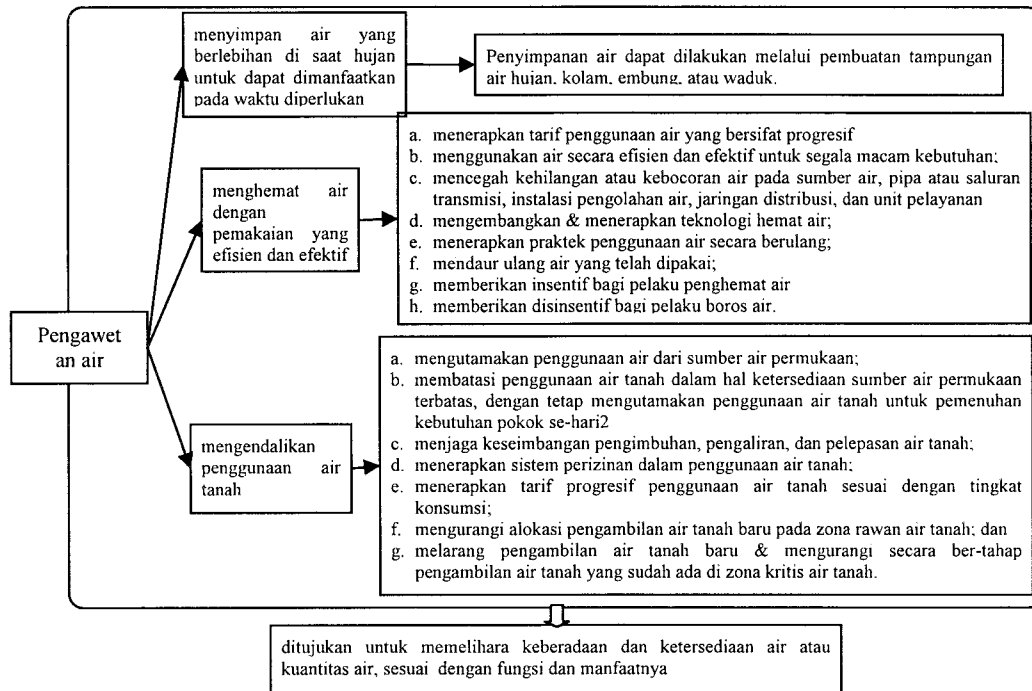
Gambar 8-12. Detail kegiatan konservasi sumber daya air

Detail dari perlindungan dan pelestarian sumber air, pengawetan air dan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air diuraikan seperti di bawah ini.

1. Perlindungan dan Pelestarian Sumber Air

Detail perlindungan dan pelestarian sumber air ditunjukkan dalam Gambar 8-13.

a. Pemeliharaan Kelangsungan Fungsi Resapan Air dan Daerah Tangkapan Air

b. Pengendalian Pemanfaatan Sumber Air

c. Pengisian air pada sumber air

d. Pengaturan Prasarana dan Sarana Sanitasi

e. Perlindungan Sumber Air dalam Hubungannya dengan Kegiatan Pembangunan dan Pemanfaatan Lahan pada Sumber Air

f. Pengendalian Pengolahan Tanah di Daerah Hulu

g. Pengaturan Daerah Sempadan Sumber Air

h. Rehabilitasi Hutan dan Lahan

i. Pelestarian Hutan Lindung, Kawasan Suaka Alam, dan Kawasan Pelestarian Alam

Gambar 8-13. Detail perlindungan dan pelestarian sumber air

b. Pengawetan Air

Pengawetan air pada prinsipnya adalah menyimpan air yang berlebih, penghematan penggunaan air dan untuk air tanah adalah mengendalikan penggunaannya. Detail pengawetan air ditunjukkan dalam Gambar 8-14.

Gambar 8-14. Detail pengawetan air

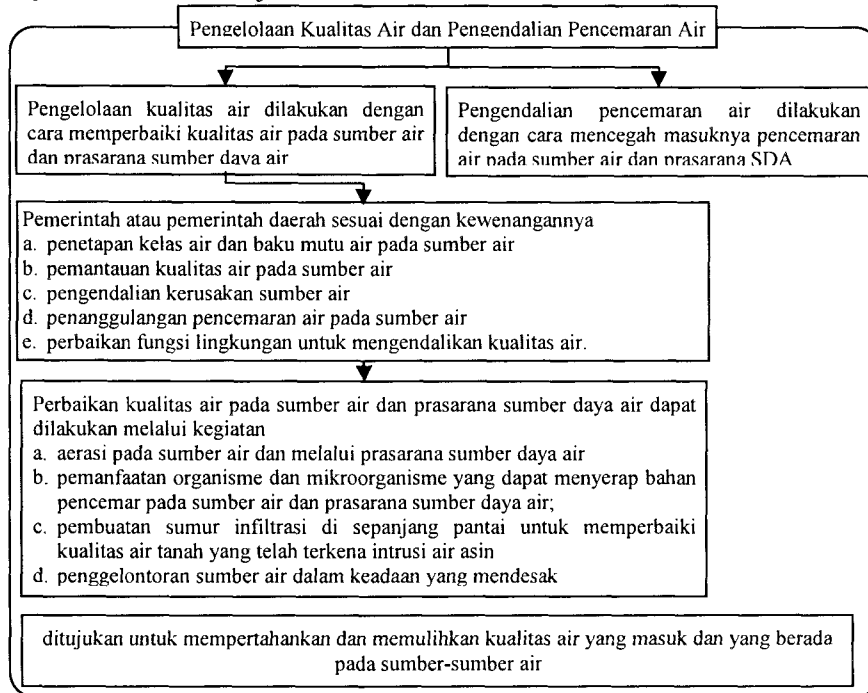
c. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Tindakan-tindakan pengelolaan dalam upaya pengaturan kualitas air menurut Brooks dkk. (1994) dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: pengaturan, fiskal, dan pengelolaan serta investasi publik secara langsung. Dalam pengaturan hal-hal yang berkaitan dengan kualitas air meliputi zoning, regulasi, peraturan-peraturan spesifik tentang air dan tanah, pengendalian, perijinan, larangan dan lisensi. Yang masuk dalam kategori fiskal meliputi harga, pajak, subsidi, denda, dan bantuan. Sedangkan yang masuk dalam kategori pengelolaan dan investasi publik di antaranya bantuan teknis, riset, pendidikan dan pengelolaan tanah dan air, instalasi dan infrastruktur.

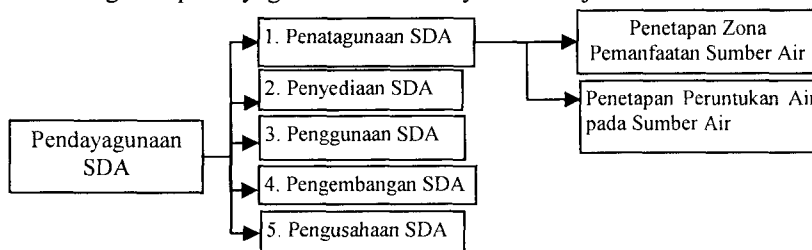
Pengaturan ini menyangkut hal-hal yang berkaitan dengan pencemaran air baik dari polusi sumber titik (*point source pollution*) maupun polusi sumber bukan titik (*non-point source pollution*). Pengertian sumber titik adalah titik-titik di mana limbah cair dikeluarkan, misalnya limbah cair yang dialirkan melalui pipa dan dibuang ke sungai. Sedangkan polusi sumber bukan titik adalah polusi yang dihasilkan dari suatu kawasan tertentu. Untuk pengelolaan sumber daya air pengertian ini secara lebih spesifik adalah polusi pada atau berasal dari sebagian atau seluruh daerah aliran sungai (DAS) untuk air permukaan dan dari sebagian atau seluruh cekungan air tanah (CAT) untuk air tanah.

Novotny dan Chesters (1981) mengklasifikasikan teknik atau praktek pengelolaan tepat guna (*best management practice*) untuk polusi sumber bukan titik dalam tiga bagian, yaitu: pengendalian sumber

tanah-tanah yang terkena dampak pencemaran dan pengendalian tata guna lahan, pengendalian pengumpulan pencemaran, reduksi pengantaran pencemaran ke wadah-wadah air dan perbaikan/ pengolahan aliran permukaan.

Dalam UU No 7 Tahun 2004 dan PP No 42 Tahun 2008, cara pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air ditunjukkan dalam Gambar 8-15.

Gambar 8-15. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

8.7.2 Aspek Pendayagunaan Sumber Daya Air

Secara skematis kegiatan pendayagunaan sumber daya air ditunjukkan dalam Gambar 8-16.

Gambar 8-16. Kegiatan pendayagunaan SDA

Detail dari kegiatan pendayagunaan SDA ditunjukkan dalam Gambar 8-17.

a. Penatagunaan Sumber Daya Air

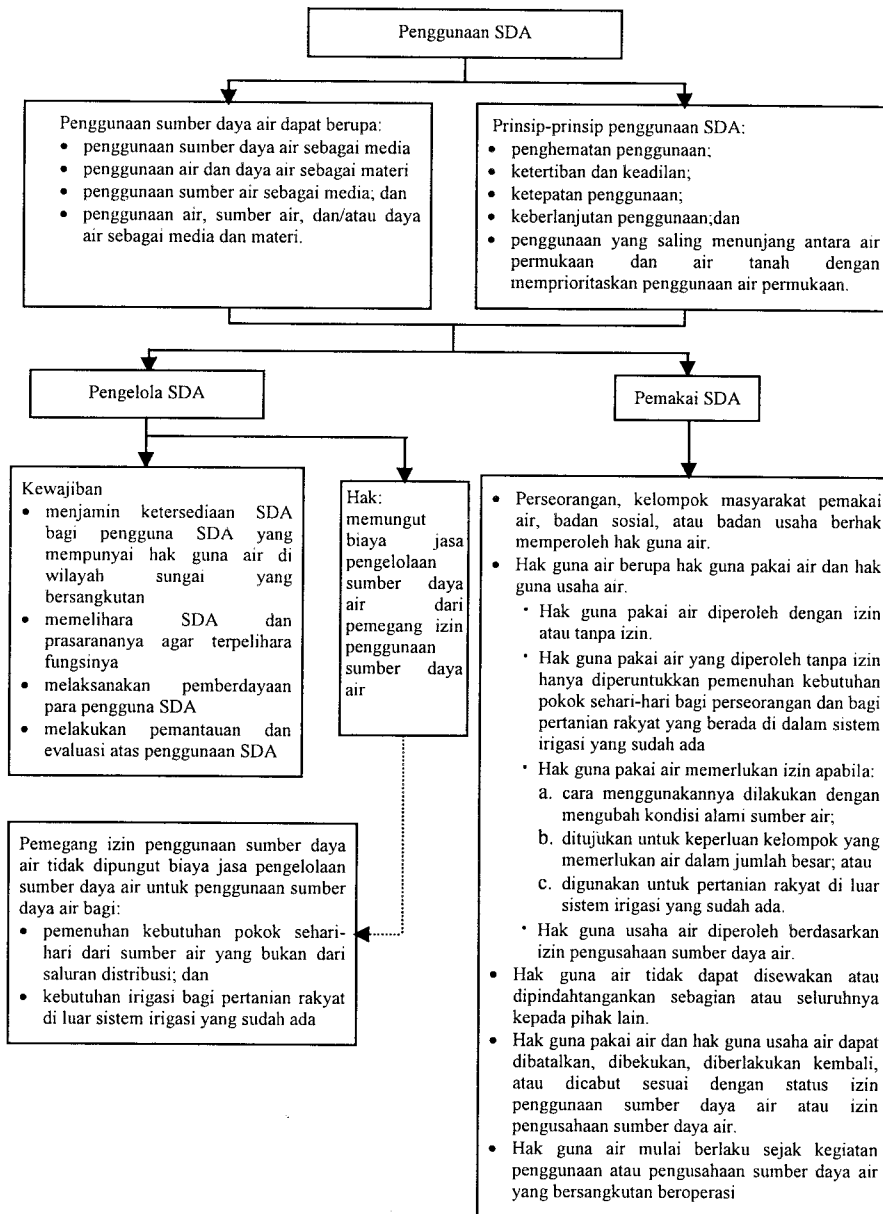
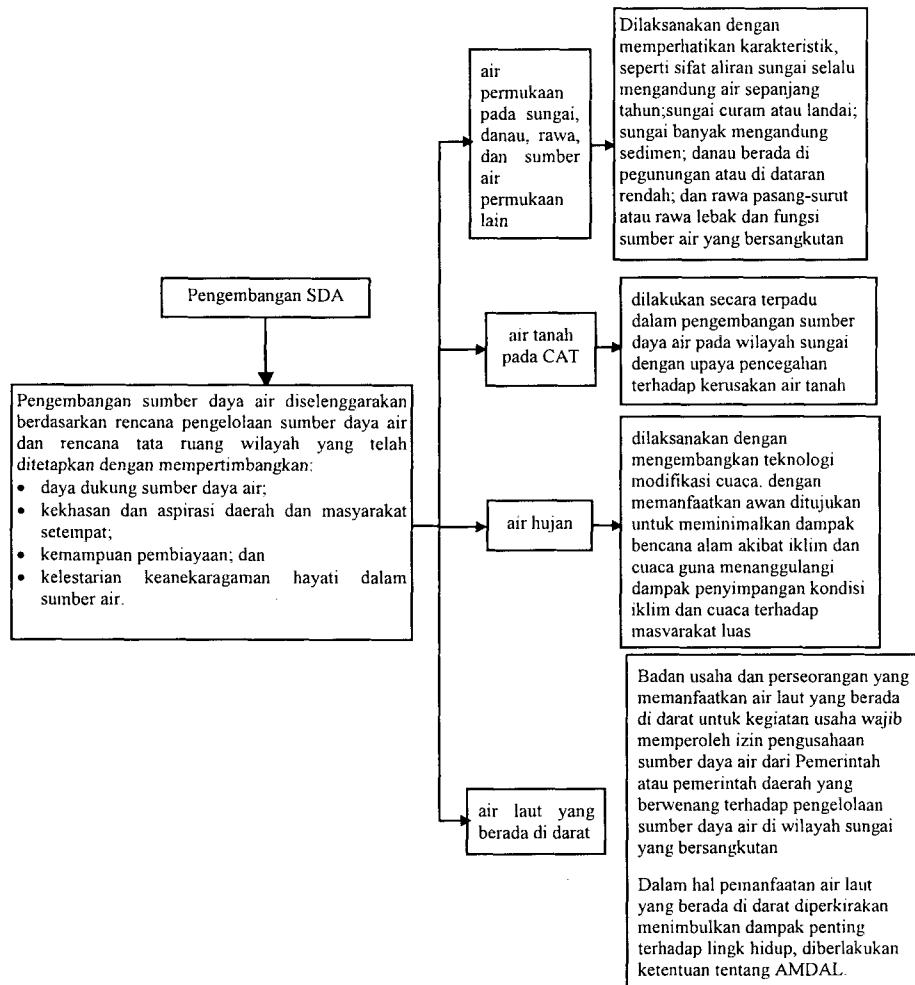
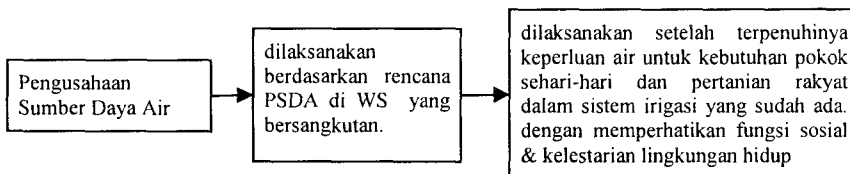
Penyusunan rencana
Rencana penyediaan sumber daya air terdiri atas rencana penyediaan sumber daya air tahunan dan rencana penyediaan sumber daya air rinci
baik yang berasal dari sumber air permukaan maupun dari cekungan air tanah, disusun pada setiap wilayah sungai serta harus memperhatikan ketersediaan air pada musim kemarau dan musim hujan.

2. Penetapan rencana
ditetapkan oleh Menteri, gubernur, atau bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya dengan memperhatikan pertimbangan dari wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air pada wilayah sungai yang bersangkutan dapat diubah apabila terjadi:

a. perubahan ketersediaan air yang diakibatkan oleh peristiwa alam; atau
b. perubahan kondisi lingkungan hidup dan/atau kerusakan jaringan sumber air yang tidak terduga.

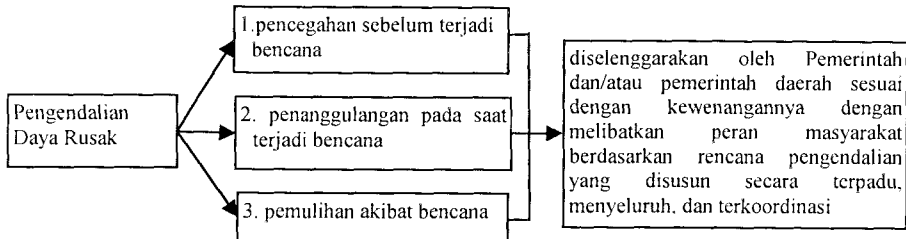
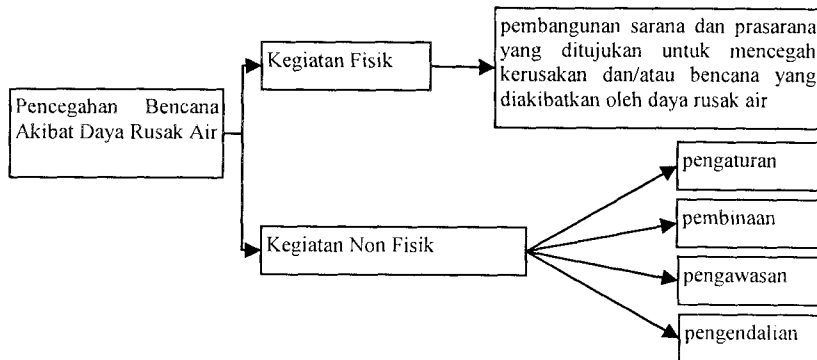
3. Pelaksanaan

1. Pelaksanaan rencana penyediaan sumber daya air rinci diselenggarakan oleh pengelola sumber daya air pada wilayah sungai yang bersangkutan.
2. Dalam hal rencana penyediaan sumber daya air rinci tidak dapat dilaksanakan karena:
   a. berkurangnya ketersediaan air yang disebabkan peristiwa alam;
   b. kerusakan jaringan sumber air yang tidak terduga; atau
   c. hal lain di luar pengelolaan sumber daya air berdasarkan perintah dari Menteri, gubernur, atau bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya;
   d. pengelola sumber daya air dapat melakukan pengurangan, penambahan, atau penggiliran penyediaan sumber daya air.

b. Penyediaan sumber daya air

c. Penggunaan sumber daya air

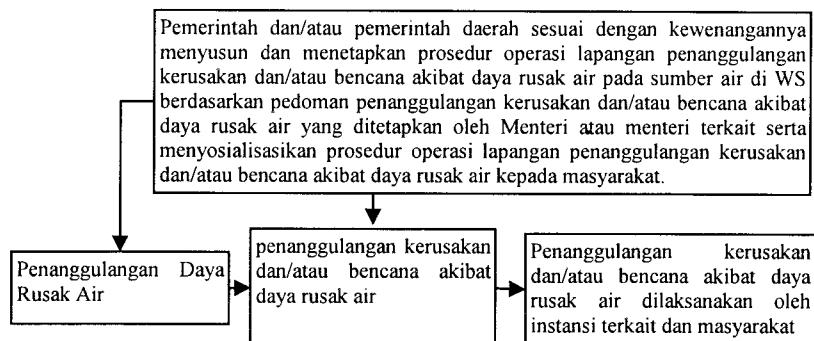
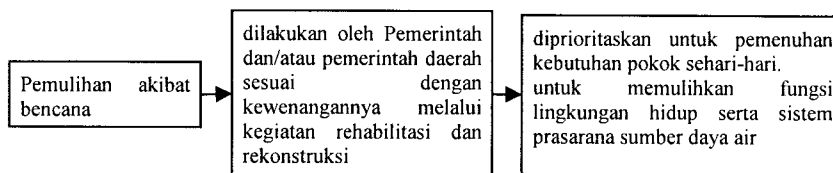
Gambar 8-17. Detail dari kegiatan pendayagunaan SDA

8.7.3 Aspek Pengendalian Daya Rusak Air

Uraian tentang pengendalian daya rusak air dijelaskan berikut ini.

Detail pengendalian daya rusak air ditunjukkan dalam Gambar-Gambar 8-18, 8-19 dan 8-20.

a. Pencegahan sebelum terjadi bencana akibat daya rusak air

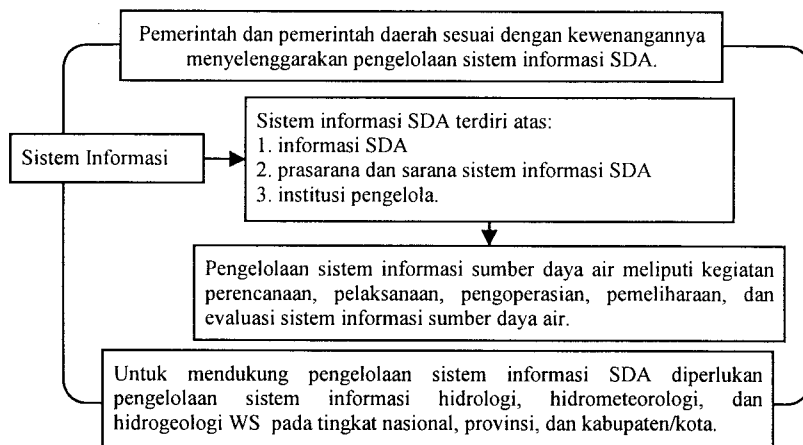
Pencegahan Bencana Akibat Daya Rusak Air
1. Kegiatan Fisik Kegiatan fisik dalam rangka pencegahan bencana dilakukan melalui pembangunan sarana dan prasarana yang ditujukan untuk mencegah kerusakan dan/atau bencana yang diakibatkan oleh daya rusak air, misalnya, cek dam, sabo, waduk, bendungan, saluran pengendali banjir, dan vegetasi.
2. Kegiatan Non Fisik a. Pengaturan 1. penetapan kawasan rawan bencana pada setiap wilayah sungai a. Pemerintah dan/atau pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya menetapkan kawasan rawan bencana pada setiap wilayah sungai berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri atau menteri terkait sesuai dengan kewenangannya b. Kawasan rawan bencana meliputi kawasan rawan - Banjir, termasuk banjir lahar dingin, - erosi dan sedimentasi, -longsor, - ambles, - perubahan sifat dan kandungan kimiawi, biologi dan fisika air - kepunahan jenis tumbuhan dan/atau satwa - wabah penyakit. c. Kaw rawan bencana dibagi ke dalam zona rawan bencana berdasar tingkat kerawanannya d. Dalam hal tingkat kerawanan bencana akibat daya rusak air secara permanen mengancam keselamatan jiwa, Pemerintah dan/atau pemerintah daerah dapat menetapkan kawasan rawan bencana tertutup bagi permukiman e. Segala biaya yang timbul akibat penetapan menjadi tanggung jawab Pem dan/atau Pemda. 2. penetapan sistem peringatan dini pada setiap wilayah sungai a. Pem dan/atau Pemda sesuai dengan kewenangannya menetapkan sistem peringatan dini pada setiap wilayah sungai. Peringatan dini dilakukan oleh pengelola SDA atau instansi terkait sesuai dengan kewenangannya. b. Sistem peringatan dini disusun dan ditetapkan berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri atau menteri/kepala lembaga pemerintah nondepartemen yang terkait dengan bidang sumber daya air. 3. penetapan prosedur operasi standar sarana dan prasarana pengendalian daya rusak air 4. penetapan prosedur operasi standar evakuasi korban bencana akibat daya rusak air.
b. Pembinaan meliputi 1. penyebarluasan informasi dan penyuluhan. Kegiatan ini dilakukan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dalam rangka pencegahan bencana akibat daya rusak air. 2. pelatihan tanggap darurat. c. Pengawasan meliputi 1. pengawasan penggunaan lahan pada kawasan rawan bencana sesuai dengan tingkat kerawanan daerah yang bersangkutan; dan 2. pengawasan terhadap kondisi & fungsi sarana & prasarana pengendalian daya rusak air, dilakukan, antara lain: penelusuran saluran, tanggul, & sungai untuk mengetahui kondisi sarana & prasarana yang kritis/rawan banjir. d. Pengendalian meliputi 1. pengendalian penggunaan lahan pada kawasan rawan bencana sesuai dengan tingkat kerawanan daerah yang bersangkutan 2. upaya pemindahan penduduk yang bermukim di kawasan rawan bencana.

b. Kegiatan fisik dan non fisik

Gambar 8-18. Cara pencegahan bencana akibat daya air rusak

Gambar 8-19. Penanggulangan daya rusak air

Gambar 8-20. Pemulihan akibat bencana

8.7.4 Pendukung Aspek Pengelolaan Sumber Daya Air

8.7.4.1 Sistem Informasi

Uraian sistem informasi dijelaskan sebagai berikut.

a. Sistem informasi

Informasi Sumber Daya Air
Informasi SDA, Meliputi: • kondisi hidrologis meliputi: informasi tentang curah hujan, kandungan air pada sumber air, kandungan sedimen pada sumber air, tinggi muka air pada sumber air, dan informasi lain terkait dengan kondisi aliran pada sumber air • hidrometeorologis informasi tentang temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban udara, dan informasi lain terkait dengan kondisi atmosfer yang mempengaruhi siklus hidrologi • hidrogeologis meliputi: informasi tentang potensi air tanah, kondisi akuifer atau lapisan pembawa air, dan informasi lain terkait dengan kondisi CAT • kebijakan SDA meliputi: informasi tentang kebijakan konservasi SDA, pendayagunaan SDA, dan pengendalian daya rusak air • prasarana SDA: meliputi: informasi tentang bangunan air beserta bangunan lain yang menunjang kegiatan pengelolaan SDA • teknologi SDA meliputi informasi tentang teknologi yang mendukung pengelolaan SDA. • lingkungan pada SDA & sekitarnya meliputi: informasi tentang fungsi kawasan, zona pemanfaat- an sumber air, penggunaan SDA, & kondisi di daratan yang mempengaruhi kondisi SDA • kegiatan sos-eko-bud masyarakat terkait dengan SDA meliputi: informasi tentang hukum, kelembagaan, program, pendanaan, & kondisi demografi berkaitan dengan pengelolaan SDA Pengelolaan Informasi SDA • Mengenai kondisi hidrologis, kebijakan SDA, prasarana SDA, dan teknologi SDA diselenggarakan oleh institusi yang membidangi SDA. • Mengenai kondisi lingkungan pada SDA dan sekitarnya serta kegiatan sosial ekonomi budaya masyarakat yang terkait dengan SDA diselenggarakan oleh berbagai institusi sesuai dengan peraturan perundang-undangan. • Mengenai kondisi hidrometeorologis diselenggarakan oleh institusi yang membidangi meteorologi dan geofisika. • Mengenai kondisi hidrogeologis diselenggarakan oleh institusi yang membidangi air tanah.

b. Informasi Sumber Daya Air

Prasarana dan Sarana Sistem Informasi SDA
Prasarana dan sarana sistem informasi sumber daya air terdiri atas prasarana dan sarana: • pencatat data; • penyimpan data dan informasi; • pengolahan data dan informasi; dan • penyebarluasan data dan informasi. Pengembangan prasarana dan sarana sistem informasi SDA dilakukan dengan memperhatikan: • Kesesuaian dan keterpaduan antarintitusi pengelola • Kemudahan akses bagi pihak yang berkepentingan dalam bidang sumber daya air • Keberlanjutan ketersediaan data dan informasi sumber daya air • Perkembangan teknologi, efektivitas, dan efisiensi penggunaan prasarana.

c. Prasarana dan sarana sistem informasi sumber daya air

Institusi pengelola sistem informasi sumber daya air
• Institusi pengelola sistem informasi sumber daya air merupakan bagian dari unsur organisasi departemen/lembaga pemerintah nondepartemen yang terkait dengan bidang sumber daya air dan/atau pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya • Dalam menyelenggarakan pengelolaan sistem informasi sumber daya air, institusi pengelola sesuai dengan kewenangannya: a. mengumpulkan, mengolah, dan menyediakan data dan informasi sumber daya air yang dapat diakses oleh semua pihak yang berkepentingan b. melakukan pemutakhiran dan penerbitan informasi sumber daya air secara berkala; c. melakukan pengembangan prasarana dan sarana sistem informasi sumber daya air; d. mengesahkan data dan/atau informasi sumber daya air yang berasal dari institusi di luar instansi pemerintah atau perseorangan; dan e. menyebarluaskan data dan informasi sumber daya air. • Pengelolaan sistem informasi sumber daya air diselenggarakan berdasarkan norma, standar, pedoman, dan manual yang ditetapkan oleh Menteri atau menteri/kepala lembaga pemerintah nondepartemen yang terkait dengan bidang sumber daya air sesuai dengan bidang tugasnya. • Akses terhadap informasi sumber daya air yang bersifat khusus dikenai biaya jasa penyediaan informasi sumber daya air. • Jenis informasi sumber daya air yang bersifat khusus ditetapkan oleh Menteri atau menteri/kepala lembaga pemerintah nondepartemen sesuai dengan bidang tugasnya.

d. Institusi pengelola sistem informasi sumber daya air

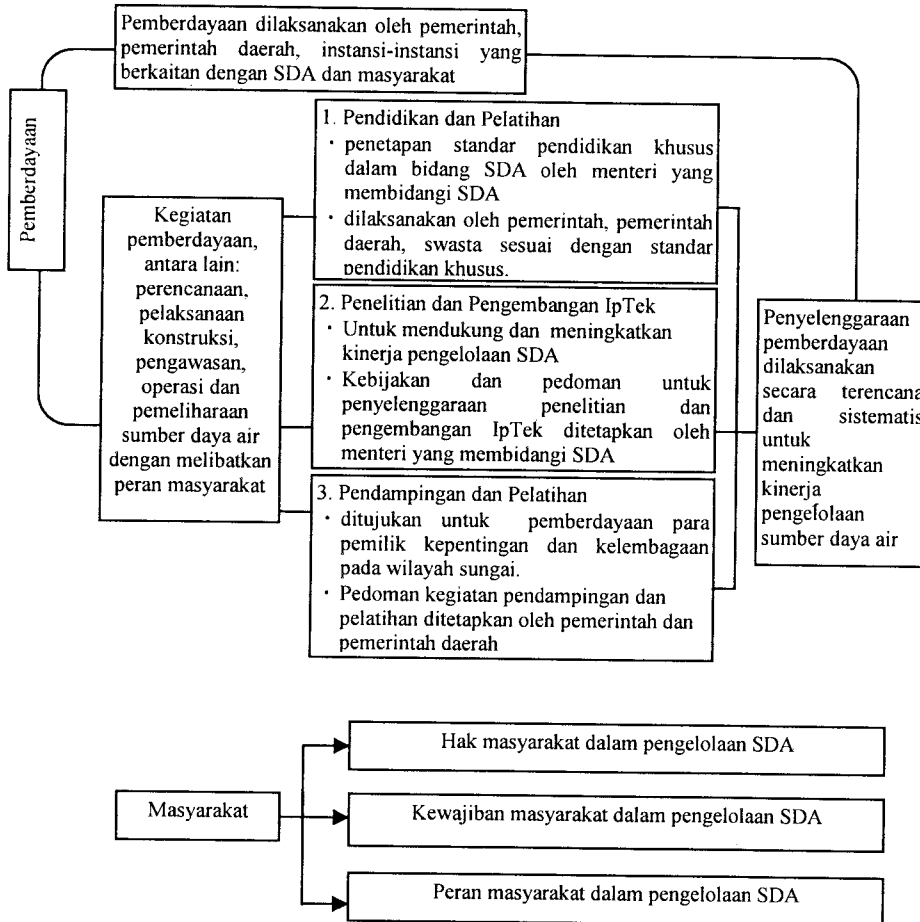
Pengelolaan Sistem Informasi SDA
1. Departemen Dalam mengelola sistem informasi sumber daya air, Departemen menyelenggarakan: • pengelolaan sistem informasi sumber daya air pada wilayah sungai dan pada daerah irigasi yang menjadi kewenangan Pemerintah; • pengevaluasian semua informasi sumber daya air yang dikelola oleh dinas pada tingkat provinsi dan kabupaten/kota ke dalam sistem informasi SDA pada tingkat nasional; • koordinasi dengan dinas pada tingkat provinsi dan kabupaten/kota serta departemen dan institusi terkait pada tingkat pusat.
2. Dinas pada tingkat provinsi Dalam mengelola sistem informasi sumber daya air, dinas pada tingkat provinsi menyelenggarakan: • pengelolaan sistem informasi sumber daya air pada wilayah sungai dan pada daerah irigasi yang menjadi kewenangan provinsi; • pengevaluasian semua informasi sumber daya air yang dikelola oleh dinas kabupaten/kota, unit pelaksana teknis pengelola data dan informasi pusat yang berada di wilayah provinsi yang bersangkutan ke dalam sistem informasi sumber daya air pada tingkat provinsi; dan • koordinasi dengan dinas kab/kota & unit pelaksana teknis pengelola data & informasi pusat yang berada di wil provinsi yang bersangkutan & institusi terkait pada tingkat provinsi.

Pengelolaan Sistem Informasi SDA
3. Dinas pada tingkat kabupaten/ kota Dalam mengelola sistem informasi SDA dinas pada tingkat kab/kota menyelenggarakan: • pengelolaan sistem informasi SDA pada WS dan pada daerah irigasi yang menjadi kewenangan kab/kota; • pengevaluasian semua informasi SDA yang dikelola oleh unit pelaksana teknis pengelola data & informasi pusat & provinsi yang berada di wilayah kab/kota yang bersangkutan ke dalam sistem informasi SDA pada tingkat kabupaten/kota • koordinasi dengan unit pelaksana teknis pengelola data & informasi pusat & provinsi yang berada di wil kab/kota yang bersangkutan & institusi terkait pada tingkat kab/kota.
Pengelolaan sistem informasi SDAdiatur lebih lanjut dengan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri atau menteri/kepala lembaga pemerintah nondepartemen terkait bidang SDA sesuai dengan bidang tugasnya. Pedoman pengelolaan sistem informasi SDApaling sedikit meliputi: a. pengaturan standar format penyediaan data dan informasi b. pengumpulan data di lapangan c. kompatibilitas sistem pengolahan data.

e. Pengelolaan Sistem Informasi SDA

Gambar 8-21. Detail sistem Informasi

8.7.4.2 Pemberdayaan dan Peran Masyarakat

Detail pemberdayaan dan peran masyarakat ditunjukkan dalam Gambar 8-22.

Gambar 8-22. Detail pemberdayaan dan peran masyarakat

Bab 9
PENATAAN RUANG

9.1 Gambaran Tata Ruang

Dalam kehidupan sehari-hari, setiap orang membutuhkan ruang tertentu untuk melakukan kegiatan. Beberapa contoh misalnya ruang berjalan untuk pergerakan, ruang parkir untuk memarkir mobil, perumahan dan permukiman, perkantoran, tempat perdagangan, daerah industri jalan raya, terminal, taman, dll. Dalam hal ini, ruang dapat diartikan sebagai tempat atau wadah seseorang atau banyak orang untuk melakukan kegiatan, atau secara fungsional ruang dapat diartikan sebagai tempat atau wadah yang dapat menampung sesuatu.

Menurut istilah geografi umum, yang dimaksud ruang adalah seluruh permukaan bumi yang merupakan lapisan biosfer, tempat hidup tumbuh-tumbuhan, hewan dan manusia (Jayadinata, 1992). Sedangkan menurut Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menyebutkan bahwa ruang adalah wadah yang meliputi ruang darat, ruang laut, dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi sebagai satu kesatuan wilayah, tempat manusia dan makhluk lain hidup, melakukan kegiatan, dan memelihara kelangsungan hidupnya.

Wilayah menurut Subroto (2003) adalah suatu tempat kedudukan berupa hamparan yang dibatasi oleh dimensi luas dan isi. Dimensi luas wilayah ditentukan oleh kesamaan komponen sumber daya alam dan sumber daya buatan yang terdapat secara horisontal di permukaan, sedangkan dimensi isi ditentukan oleh kesamaan sumber daya alam dan sumber daya buatan baik teknis, sosial, budaya, ekonomis, politis maupun administratif yang terlingkup pada posisi horisontal maupun vertikal di suatu wilayah tertentu.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa tata ruang wilayah merupakan wujud susunan dari suatu tempat kedudukan yang berdimensi luas dan isi dengan memperhatikan struktur dan pola dari tempat tersebut berdasarkan sumber daya alam dan buatan yang tersedia serta aspek administratif dan aspek fungsional untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan demi kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang.

Untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan, maka diperlukan upaya penataan ruang. Penataan ruang menyangkut seluruh aspek kehidupan sehingga masyarakat perlu mendapat akses dalam proses perencanaan tersebut. Penataan ruang adalah suatu sistem proses perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang, dan pengendalian pemanfaatan ruang. Kegiatan penataan ruang dimaksudkan untuk mengatur ruang dan membuat suatu tempat menjadi bernilai dan mempunyai ciri khas dengan memperhatikan kondisi fisik wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang rentan terhadap bencana, potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan; kondisi ekonomi, sosial, budaya, politik, hukum, pertahanan keamanan, lingkungan hidup, serta ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai satu kesatuan, geostrategi, geopolitik, dan geoekonomi (UU No. 26 Tahun 2007).

Lahan adalah suatu hamparan (areal) tertentu dipermukaan bumi secara vertikal mencakup komponen iklim seperti udara, tanah, air, dan batuan yang ada di bawah tanah serta vegetasi dan aktivitas manusia pada masa lalu atau saat ini yang ada di atas tanah atau prmukaan bumi (Subroto, 2003).

Lahan merupakan sumber daya alam yang jumlahnya terbatas. Hampir semua kegiatan produksi, rekreasi, dan konservasi memerlukan lahan. Pemanfaatan lahan untuk berbagai kepentingan dari berbagai sektor seharusnya selalu mengacu pada potensi fisik lahan, faktor sosial ekonomi, dan kondisi sosial budaya setempat serta sistem legalitas tentang lahan (Subroto, 2003).

Tata guna lahan dan pengembangan dapat dikatakan sebagai masalah utama dalam pemenuhan infrastruktur. Dalam pemenuhan infrastruktur, selain manajemen infrastruktur, manajemen mengenai tata guna lahan juga harus diperhatikan. Setiap *stakeholders* harus mengetahui tipikal perubahan yang terjadi. Dalam aspek lingkungan, lahan bukan saja memberikan wadah fisik kedudukan sistem produksi, tetapi juga memberi masukan ke, menerima hasil dari, dan memperbaiki kerusakan sistem produksi. Sehingga setiap jenis penggunaan lahan dapat mencirikan kualitas penggunaan lahannya, dan ketika lahan memberi tanda-tanda kerusakan, jenis penggunaan lainnya siap menggantikannya. Begitu juga sebaliknya, apabila lahan memberikan manfaat sosial, maka sebaiknya penggunaannya tetap dipertahankan (Nugroho & Dahuri, 2004).

Penggunaan lahan mengacu pada UU No. 5 Tahun 1960, di mana pemerintah diberi kewenangan untuk (Nugroho & Dahuri, 2004):

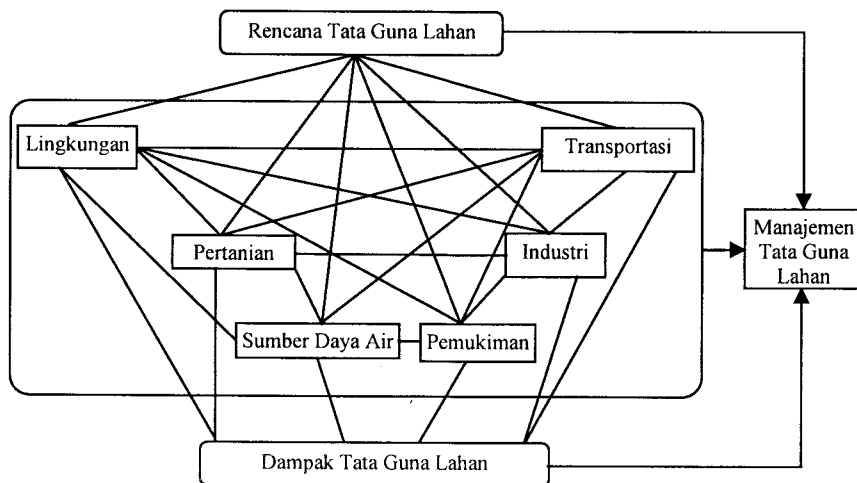
a. Mengatur dan menyelenggarakan peruntukkan, penggunaan, persediaan dan pemeliharaan bumi, air dan ruang angkasa.
b. Menentukan dan mengatur hubungan-hubungan hukum antara orang-orang dengan bumi, air, dan ruang angkasa.
c. Menentukan dan mengatur hubungan-hubungan hukum antara orang-orang dan perbuatan-perbuatan hukum yang mengenai bumi, air dan ruang angkasa.

Hal mendasar yang harus diperhatikan dalam tata guna lahan adalah rencana tata guna lahan. Rencana tata guna lahan adalah kunci dalam mengkoordinasi berbagai aktivitas dalam suatu wilayah. Rencana tata guna lahan akan membentuk suatu pola tata guna lahan (Kaiser, dkk., 1995).

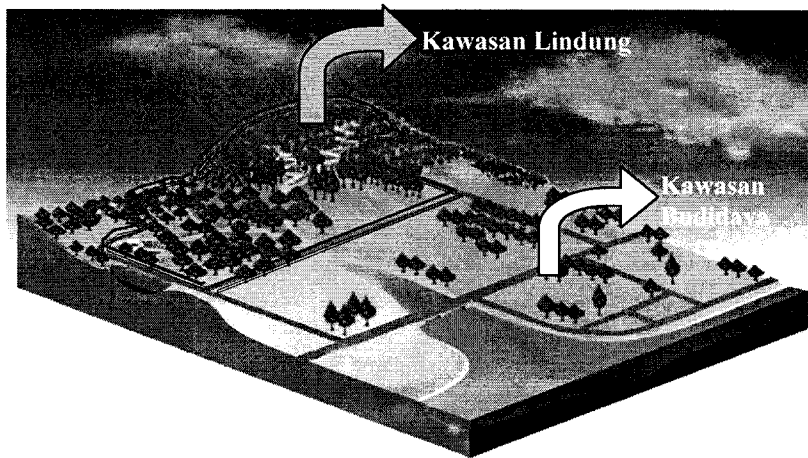
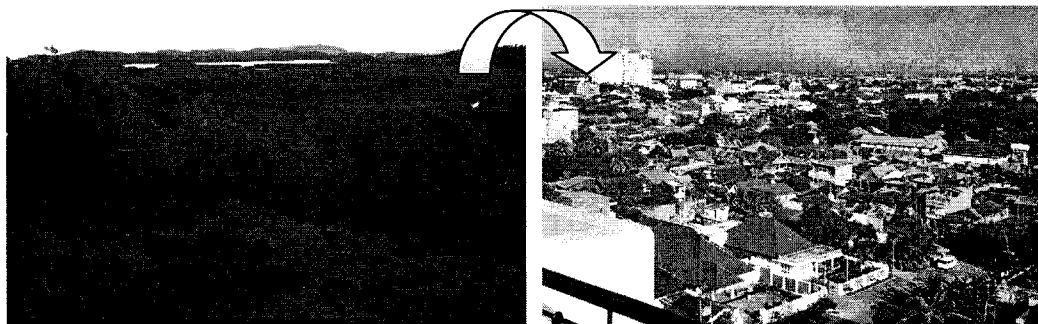
Tata guna lahan dan perkotaan tidak dapat dipisahkan. Pertumbuhan ekonomi dan penduduk akan sangat mempengaruhi dinamika kehidupan perkotaan terutama bertambahnya tingkat kriminalitas dan kemiskinan, sehingga dalam perencanaan tata guna lahan harus memperhatikan aspek teknik, sosial, ekonomi, hukum dan kelembagaan dalam tata guna lahan.

Pandangan-pandangan dalam perencanaan tata guna lahan, meliputi (Kaiser, dkk., 1995):

1. Lahan sebagai ruang yang berfungsi menyediakan berbagai keperluan
2. Lahan sebagai tempat kegiatan.
3. Lahan sebagai komoditas yang dapat dikembangkan.
4. Lahan sebagai konsep yang mempunyai nilai estetik.

Manajemen atau pengelolaan tata guna lahan diperlukan karena dalam mencanakan tata guna lahan banyak aspek yang terkait. Masing-masing aspek saling begantung dan saling memberikan dampak terhadap tata guna lahan. Uraian tersebut dapat dilihat pada Gambar 9-1.

Gambar 9-1. Rencana tata guna lahan (Sjarief & Verhaeghe, 1998; Zondag & Grashoff, 2008 dengan modifikasi)

Tata guna lahan memberikan dampak yang cukup besar kepada sumber daya alam dan sumber daya manusia. Konversi antara alam dan produktivitas lahan untuk kebutuhan manusia, pola dan lokasi pengembangan yang salah, jalan, dan konstruksi gedung. Semuanya itu memberikan dampak yang cukup besar pada lingkungan yang sehat. Rencana tata guna lahan yang salah akan memberikan menyebabkan penurunan kualitas alam dan erosi tanah, perubahan pada keseimbangan pada siklus hidrologi, pencemaran air, kerusakan habitat, peningkatan penggunaan energi, dan polusi udara, dan pengurangan kualitas kehidupan (Randolph, 2004).

Undang-undang No. 26 Tahun 2007 menyebutkan bahwa untuk menghindari dampak-dampak sebagaimana disebutkan di atas, setiap penggunaan fungsi lahan diwajibkan untuk menyediakan 30 % sebagai kawasan hutan. Selain itu juga penataan ruang diklasifikasikan untuk dimanfaatkan sebagai kawasan lindung dan kawasan budidaya. Sehingga diarahkan pada bagian hulu digunakan sebagai kawasan lindung dan bagian hilir sebagai kawasan budidaya. Gambar 9-2 menunjukkan hamparan kawasan lindung dan kawasan budidaya, serta alih fungsi kawasan lindung menjadi kawasan budidaya (Gambar 9-3).

Gambar 9-2. Sketsa hamparan kawasan lindung dan kawasan budidaya (Zondag and Grashoff, 2008)

Gambar 9-3. Contoh perubahan tata guna lahan pada kawasan lindung sebagai konsekuensi pertumbuhan penduduk

Untuk air tanah kawasan lindung berfungsi sebagai daerah imbuhan (*recharge area*) atau tempat berlangsungnya pengisian air tanah dan kawasan budidaya berfungsi sebagai daerah lepasan (*disharge area*) atau tempat pemanfaatan/pengambilan/penggunaan air tanah.

Dalam pengelolaan air tanah, penentuan daerah imbuhan dan daerah lepasan dapat dilakukan dengan menarik garis yang menghubungkan titik-titik perpotongan antara muka air tanah dangkal (muka phreatik) dan dalam (muka piezometrik) disebut garis engsel (*hinge line*) atau garis batas antara daerah imbuhan dan lepasan air tanah (Gambar 9-4). Konsep lainnya dalam penarikan batas ini dapat dilakukan dengan menarik garis pada daerah tekuk lereng yang bisanya dapat menunjukkan fenomena batas *flow regime* air tanah antara arah aliran yang masuk dan keluar. Mengenai batas antara zona imbuhan dan resapan dapat dilihat pada Peta Potensi Air tanah seperti ditunjukkan dalam Gambar 9-4.

Gambar 9-4. Sketsa Daerah Imbuhan dan Daerah Lepasan (Dinas Pertambangan Jawa Tengah, 2007)

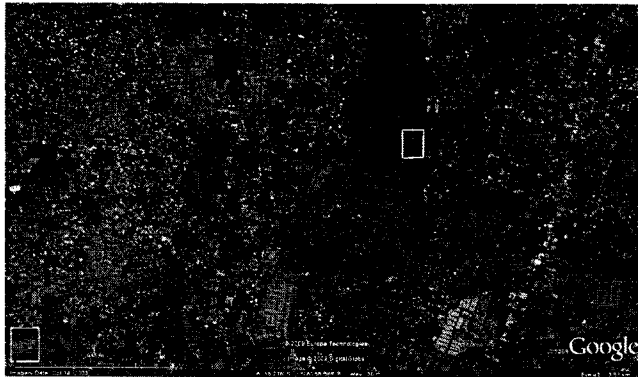
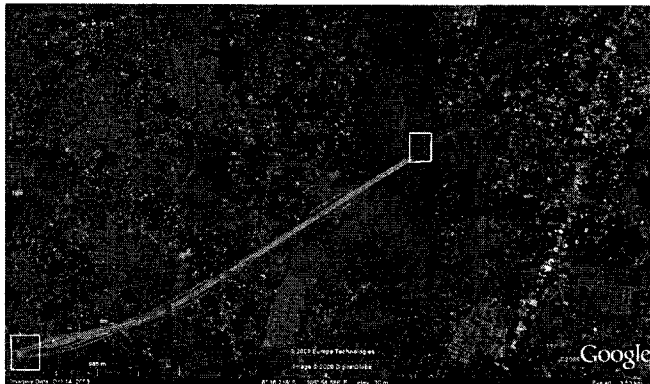
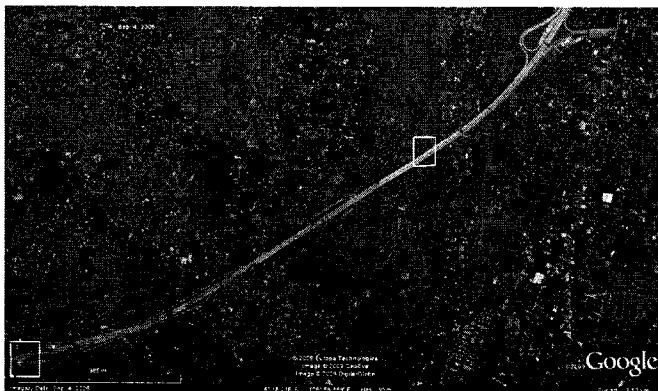
Dalam rencana tata guna lahan, beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain: Cekungan Air Tanah, wilayah sungai, daerah aliran sungai, kawasan lingdung, kawasan budi-daya, kawasan-kawasan kritis yang dikaitkan dengan batas-batas administrasi (provinsi, kabupaten/kota). Berikut adalah contoh peta tata guna lahan dan peta CAT (Gambar 9-5).

Gambar 9-5. Peta tata guna lahan dengan CAT Tanjung Selor pada WS Sesayap (Dit. Sungai Danau Dan Waduk, 2007)

Contoh peta DAS dan peta tata guna lahan dan peta WS ditunjukkan dalam Gambar 9-6 dan Gambar 9-7.

Gambar 9-6. Peta DAS (Satker BWS Sumatra VI, 2008)

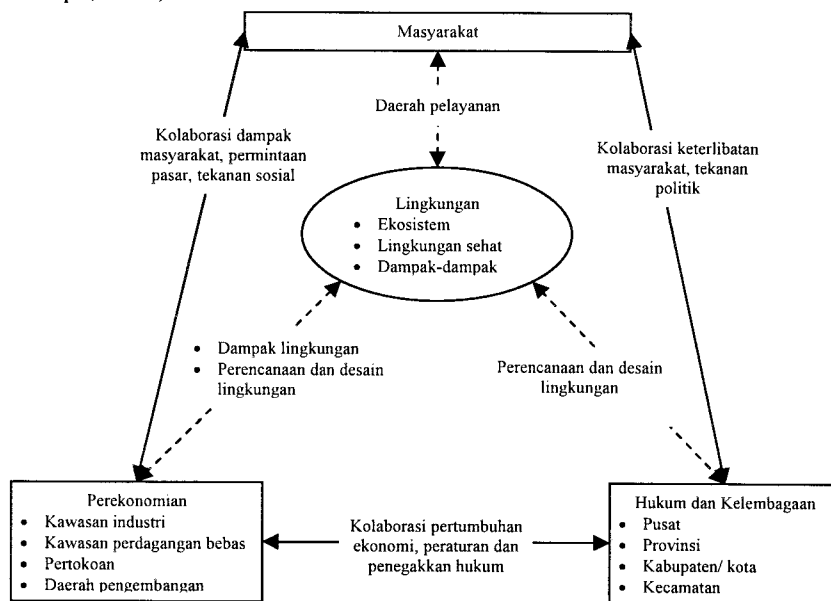
Gambar 9-7. Peta Tata Guna Lahan (Satker BWS Sumatra VI, 2008)

Contoh perkembangan tata guna lahan ditunjukkan dalam Gambar 9-8.

a. 14 Oktober 2003

b. 6 April 2005

c. 4 September 2006

Gambar 9-8. Perkembangan suatu kawasan di Jakarta (Google Earth)

9.2 Aspek-Aspek Penataan Ruang

Aspek-aspek yang mempengaruhi dalam penataan ruang meliputi, aspek teknis, ekonomi, sosial, budaya, hukum, kelembagaan dan lingkungan. Hubungan antara aspek-aspek tersebut dijelaskan pada Gambar 9-9.

Kegiatan ekonomi suatu wilayah yang sangat pesat akan mempengaruhi tingkat kerusakan lingkungan. Para produsen umumnya mengeksploitasi alam terutama lahan dan air dalam mengembangkan usahanya. Dalam menanggulangi masalah tersebut, para pelaku ekonomi diharapkan mampu membuat produk yang lebih ramah lingkungan dan dalam mengembangkan usahanya harus memperhatikan tata guna lahan wilayah setempat. Selain itu pihak pemerintah juga ikut berperan mengenai masalah lingkungan. Pemerintah bertanggungjawab dalam pembuatan peraturan, penetapan batas administrasi, penetapan standar dan pedoman teknis, penetapan zoning, penetapan pajak. Di samping peran pemerintah, masyarakat juga diharapkan ikut berperan aktif dalam pemeliharaan lingkungan (Randolph, 2004).

Gambar 9-9. Hubungan antara aspek-aspek penataan ruang (Randolph, 2004)

9.2.1 Teknis atau Rekayasa

Dalam penataan ruang aspek teknis atau rekayasa menjelaskan proses mulai dari perencanaan sampai pelaksanaan terutama yang berhubungan dengan konstruksi suatu infrastruktur.

Kajian mengenai aspek teknis perlu dilakukan dalam penataan ruang. Evaluasi manusia dan interaksi lingkungan untuk melindungi dan dapat meningkatkan kesehatan lingkungan dan kualitas lingkungan

membutuhkan pengetahuan tentang bagaimana sistem alam bekerja dan bagaimana mendesain sistem dan teknologi dapat mengurangi dampak-dampak yang merugikan dari interaksi dan meningkatkan kualitas lingkungan. Sebagai contoh, pengendali erosi tanah memerlukan pengetahuan dasar mengenai mekanika tanah, karakteristik tanah, analisis kemampuan pengikisan, dan penggunaan lahan sehingga dapat menurunkan potensi erosi (Randolph, 2004).

Perencanaan pembangunan infrastruktur baik untuk infrastruktur keairan maupun lainnya, perlu mempertimbangkan fungsi kawasan (UU Penataan ruang No. 26 Tahun 2007) dan *masterplan* wilayah yang ada.

Aspek-aspek teknis penataan ruang yang berkaitan dengan kegiatan pengendalian terhadap fenomena alam haruslah benar-benar tepat sasaran, agar dana yang ada tidak terbuang sia-sia. Beberapa aspek teknis yang berkaitan dengan infrastruktur keairan antara lain: bendungan, kolam penampungan, tanggul penahan banjir, saluran *by pass,* sistem drainase, dll.

9.2.2 Ekonomi

Dalam kegiatan penataan ruang, penganggaran menjadi suatu bagian terpenting dalam mewujudkan maksud dan tujuan dari kegiatan tersebut. Penentuan anggaran yang terencana dan tersistem merupakan salah satu alat manajemen dalam kegiatan penataan ruang.

Dari segi ekonomi penataan ruang tidak hanya dipengaruhi oleh biaya tetapi juga kegiatan ekonomi dan potensi baik sumber daya alam maupun buatan pada wilayah tersebut. Dari segi ekonomi misalnya penetapan kawasan industri, perdagangan, pertanian, daerah pariwisata, permukiman, penetapan pasar, dan pusat-pusat kegiatan ekonomi lainnya. Penataan ruang umumnya berkembang dari terbentuknya wilayah pasar secara spasial berlandaskan kaidah permintaan (ekonomi) hasil dari aktivitas suatu monopoli (Nugroho dan Dahuri, 2004).

Pengelolaan anggaran secara menyeluruh merupakan penghubung dari proses-proses perencanaan (*planning*), operasional, pemeliharaan, pemanfaatan, sampai pada proses kontrol, evaluasi dan *monitoring*. Laporan anggaran yang lengkap harus meliputi kriteria-kriteria antara lain sebagai pendukung kebijakan, petunjuk operasional, dan sebagai alat mediator dalam berkomunikasi (City of Fort Collins, 1986).

Pembangunan selalu memerlukan dana untuk pembiayaan. Pada saat proyek pelaksanaan pembangunan infrastruktur keairan selesai dan mulai dimanfaatkan masih diperlukan biaya, yaitu biaya untuk operasional dan pemeliharaan agar infrastruktur tersebut dapat berfungsi sesuai dengan umur bangunan atau umur proyek. Di samping itu, pemanfaatan bangunan itu juga menghasilkan pendapatan (*benefit* atau *revenue*) yang bilamana nilainya secara keseluruhan lebih besar dengan biaya, maka proyek dikatakan untung (Kodoatie dan Sjarief 2005).

Pengelolaan sumber daya air dalam kaitannya dengan penataan ruang membutuhkan bermacam-macam biaya. Biaya itu antara lain: Biaya investasi (modal), biaya tahunan dan biaya operasi dan pemeliharaan.

1. Biaya Modal/ Investasi

Biaya modal (*capital cost*) untuk pembangunan suatu konstruksi, adalah jumlah semua pengeluaran yang dibutuhkan mulai dari pra studi sampai proyek selesai dibangun. Semua pengeluaran yang termasuk biaya modal ini dibagi menjadi dua bagian yaitu: biaya langsung dan biaya tak langsung (Kuiper, 1971).

A. Biaya langsung (*direct cost*)
biaya ini merupakan biaya yang diperlukan untuk pembangunan suatu proyek. Misal, untuk membangun sumur resapan, biaya langsung yang diperlukan terdiri antara lain:

- biaya pembebasan tanah
- biaya konstruksi (galian dan timbunan, pembuatan dinding sumur dari pasangan batu atau bambu, dll.)
- biaya tenaga kerja
- dan lainnya

Semua biaya inilah kecuali biaya pembebasan tanah yang nantinya menjadi biaya konstruksi yang ditawarkan pada kontraktor. Biasanya biaya ini ditanggung oleh pemilik (*owner*). Perlu diketahui penentuan jenis material yang dipakai dan tipe bangunan dilakukan pada tahap perencanaan.

B. Biaya tak langsung (*indirect cost*)
biaya ini dibagi menjadi tiga komponen yaitu: Kemungkinan yang tak diduga, biaya teknik dan biaya bunga.

- Kemungkinan/ hal yang tak diduga (*contingencies*) dari biaya langsung dapat dikelompokkan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu: biaya/ pengeluaran yang mungkin timbul tetapi tidak pasti, biaya yang mungkin timbul, namun belum terlihat dan biaya yang mungkin timbul akibat tidak tetapnya harga pada waktu yang akan datang (misal kemungkinan adanya kenaikan harga). Biasanya biaya untuk ini merupakan suatu angka prosentase dari biaya langsung, bisa misal, 5%, 10% ataupun 15%. Hal ini sangat tergantung dari pihak pemilik dan perencana. Semakin berpengalaman pemilik ataupun perencana, besarnya prosentase ini lebih kecil.
- Biaya teknik (*engineering cost*) adalah biaya untuk pembuatan desain mulai dari studi awal (*preleminary study*), pra studi kelayakan, studi kelayakan, biaya perencanaan dan biaya pengawasan selama waktu pelaksanaan konstruksi.
- Bunga (*interest*) dari periode waktu mulai ide sampai pelaksanaan fisik, bunga berpengaruh terhadap biaya langsung, biaya kemungkinan dan biaya teknik sehingga harus diperhitungkan.

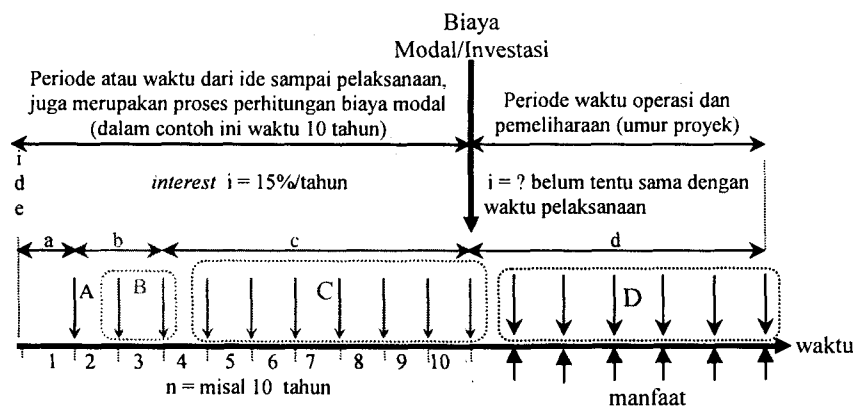
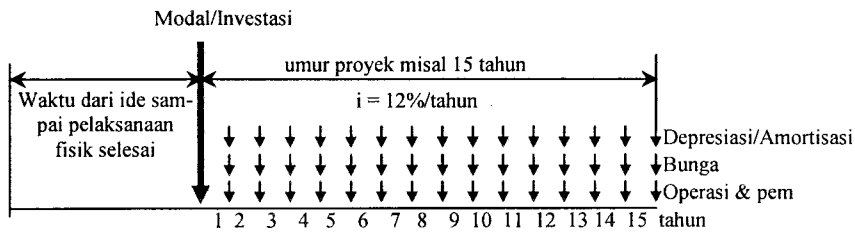
2. Biaya tahunan (*annual cost*)

Umumnya, saat penyelesaian pembangunan fisik suatu proyek merupakan waktu awal dari proyek dioperasikan dan dapat juga disebut awal dari umur proyek sesuai dengan rekayasa teknik yang telah dibuat pada waktu detail desain. Pada saat ini pemanfaatan proyek mulai dilaksanakan, misal sebagai sumber air bersih, irigasi, pembangkit tenaga listrik dan lain sebagainya. Namun ada juga proyek yang sifatnya masal misalnya pembangunan perumahan, awal dari pemanfaatannya tidak harus menunggu sampai seluruh perumahan dibangun. Bisa terjadi satu blok dari suatu kawasan pemukiman sudah dapat ditawarkan kepada pembeli (konsumen) untuk ditempati. Dalam hal ini *benefit* (manfaat) sudah sejak dini dapat diperoleh dari proyek tersebut.

Selama pemanfaatan atau operasionalnya, beberapa biaya masih diperlukan sampai umur proyek selesai. Biaya ini merupakan beban yang masih harus dipikul oleh pihak pemilik atau pemodal (investor). Pada prinsipnya biaya yang masih diperlukan sepanjang umur proyek ini, yang merupakan biaya tahunan

(*annual cost*), terdiri dari 4 komponen, yaitu: bunga, inflasi, penyusutan (depresiasi) serta biaya operasi dan pemeliharaan.

- Bunga: biaya ini menyebabkan terjadinya perubahan biaya modal karena adanya tingkat suku bunga selama umur proyek. Besarnya bisa berbeda dengan bunga selama waktu dari ide sampai pelaksanaan fisik selesai. Bunga ini umumnya merupakan komponen terbesar yang diperhitungkan terhadap biaya modal.
- Inflasi: Inflasi merupakan faktor yang menyebabkan nilai mata uang turun dan menyebabkan kenaikan harga barang. Sangat sulit untuk mengukur inflasi yang tepat karena kenaikan harga barang atau jasa tersebut tidak seragam. Dengan kata lain, perbandingan kenaikan atau prosentase kenaikan harga semua jenis barang merupakan hal yang random. Uraian singkat tentang pengaruh inflasi di sini hanya difokuskan pada suatu angka inflasi yang pasti pada suatu periode yang dipakai sebagai parameter yang mempengaruhi tingkat suku bunga. Bila ingin mengkaji dan menganalisis inflasi ini secara detail, pembaca dipersilahkan untuk mempelajari ilmu ekonomi. Secara sederhana, untuk perhitungan pengaruh inflasi terhadap bunga adalah: tingkat suku bunga dikurangi inflasi sama dengan tingkat suku bunga yang sesungguhnya (Kodoatie, 1995).
- Penyusutan/ depresiasi atau amortisasi: menurut Kuiper (1971 & 1989) depresiasi adalah turunnya/penyusutan suatu harga/nilai dari sebuah benda karena pemakaian dan kerusakan atau keusangan benda itu; sedangkan amortisasi adalah pembayaran dalam suatu periode tertentu (tahunan misalnya) sehingga hutang yang ada akan terbayar lunas pada akhir periode tersebut. Prinsip perhitungannya sama yaitu mencari harga tahunan (atau bulanan) dari harga future (harga yang akan datang) yang diketahui dengan *interest rate* (bunga) yang berlaku (Kodoatie, 1995).
- Biaya Operasi Pemeliharaan: agar dapat memenuhi umur proyek sesuai yang direncanakan pada detail desain, maka diperlukan biaya operasi dan pemeliharaan untuk proyek tersebut.

Gambaran biaya modal dan biaya tahunan ditunjukkan dalam Gambar 9-10.

a.Penentuan biaya modal dalam rekayasa ekonomi

b. biaya tahunan

Keterangan gambar:

A = Biaya studi	a = waktu dari ide, pra-studi sampai studi kelayakan
B = Biaya perencanaan (detail desain)	b = waktu perencanaan (detail desain)
C = Biaya pelaksanaan fisik	c = waktu pelaksanaan fisik (pembangunan)
D = Biaya tahunan (lihat Gambar b)	d = waktu operasi & pemeliharaan
Biaya Modal: ekivalensi kumulatif dari biaya A, B, dan C sesuai dengan waktu dan tingkat suku bunga	

Gambar 9-10. Biaya modal dan biaya tahunan (Kuiper, 1971 & 1989; Kodoatie, 2007)

Dari gambar di atas biaya tahunan dapat ditentukan sebagai beikut:

- Depresiasi/Amortisasi (A/F, 7, 15) x Biaya Modal = I
- Bunga 7% x Biaya Modal = II
- Operasi & Pemeliharaan (misal) 1% x Biaya Modal = III
- Biaya Tahunan = I + II + III

3. Manfaat

Manfaat dari suatu proyek dapat diklasifikasikan menjadi ;

- Manfaat langsung yaitu manfaat yang langsung dapat diperoleh dari suatu proyek

Contohnya :

- pembangunan PLTA menghasilkan listrik
- pembangunan jalan tol
- perlindungan daerah terhadap banjir

- Manfaat tidak langsung :

Contohnya :

- pembuatan suatu jembatan yang membuat suatu daerah menjadi berkembang industrinya
- karena PLTA yang dibangun disuatu daerah maka tingkat pendapatan pemerintah dari pajak jadi meningkat

- Manfaat nyata (*tangible benefit*) yaitu manfaat nyata yang dapat diukur dalam bentuk suatu nilai uang
- Manfaat tidak nyata (*intangible benefit*)

Contohnya :

- perasaan aman terhadap banjir sesudah adanya proyek pengendalian banjir

Manfaat tidak langsung merupakan *phenomenom* yang kontroversial, karena manfaat ini menurur Kuiper sangat sulit untuk ditentukan sehingga dalam perhitungannya akan muncul pilihan yang berubah-ubah. Di samping itu orang dapat berargumentasi bahwa setiap investasi baik itu dari Pemerintah, masyarakat maupun swasta, mempunyai manfaat tidak langsung. Oleh sebab itu manfaat tidak langsung

tidak dapat mendukung proses analisis ekonomi proyek untuk menentukan yang paling ekonomis dari beberapa alternatif. Berdasarkan hal di atas dan alasan-alasan lain U.S. *Inter – Agency Committee on Water Resources* (1958) menyimpulkan bahwa dari pandangan publik secara nasional, manfaat tidak langsung mempunyai arti yang kecil dalam memformulasi-kan proyek ataupun justifikasi ekonomi.

9.2.3 Sosial dan Budaya

Aspek sosial merupakan kajian yang perlu dilaksanakan sebelum pelaksanaan penataan ruang terutama dalam rangka pemenuhan infrastruktur. Aspek ini meliputi karakteristik sosial penduduk, karakteristik budaya (adat) masyarakat, kehidupan sosial masyarakat, jumlah penduduk, kepadatan penduduk dan penyebaranya sehingga dalam pelaksanaannya tidak bertentangan, dengan kehidupan sosial dan budaya penduduk sosial.

Kompleksitas masyarakat, perbedaan kebudayaan, ideologi, etika, persepsi moral dan latar belakang pendidikan sangat mempengaruhi dalam penataan ruang. Di tambah lagi kebudayaan cenderung dinamis dan tidak seragam, sehingga dalam perencanaan penataan ruang diperlukan pendekatan sosial (Randolph, 2004).

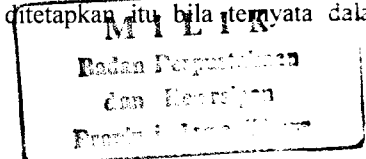
Analisis sosial diperlukan diantaranya untuk mengetahui dampak sosial yang akan muncul akibat adanya pembangunan. Analisis sosial tersebut meliputi, pemahaman dan pengertian sosial terhadap pentingnya proyek, analisis terhadap dampak sosial dari proyek terutama yang menyangkut keuntungan dan kerugian sosial, partisipasi sosial terhadap proyek (Kodoatie, 2003).

Pemahaman dan pengertian sosial merupakan usaha untuk memberikan informasi tentang penataan ruang kepada masyarakat dan menggali informasi tentang penataan ruang dari masyarakat. Salah satu hal yang didapat adalah sinkronisasi antara kepentingan dan manfaat penataan ruang dengan kepentingan dan manfaat sosial. Sebagai contoh untuk pembangunan sebuah penyediaan infrastruktur dengan memahami kepentingan sosial dapat menghindari konflik sosial mulai awal dari pelaksanaan pembangunan terutama yang berkaitan dengan tata guna lahan.

Analisis terhadap dampak sosial dari proyek diperlukan untuk mengetahui dampak sosial yang diperkirakan akan muncul. Tujuan dari analisis ini adalah meminimalisasi dampak sosial yang akan timbul dikemudian hari. Partisipasi sosial terhadap proyek merupakan kajian sosial yang melibatkan peran dari masyarakat terhadap proyek setelah pembangunan proyek selesai. Masyarakat dengan kesadarannya akan melihat pentingnya proyek ini bagi kelangsungan hidupnya dan pemerintah.

9.2.4 Hukum dan Kelembagaan

Dalam kegiatan penataan ruang aspek hukum dan kelembagaan merupakan aspek yang penting untuk mengetahui sebuah proses hukum dan legalitas dari berlakunya sebuah peraturan perundang-undangan serta kelembagaan yang dibutuhkan.

Aspek hukum memberikan justifikasi dari suatu proses pembangunan. Dengan kata lain produk pembangunan akan berdampak pada produk hukum yang ada serta dimungkinkan dilakukan perubahan-perubahannya. Proses hukum dapat berjalan dengan baik kalamana hukum memberikan rasa keadilan terhadap pihak-pihak yang terkait. Lembaga-lembaga pembuat peraturan bisa melakukan perubahan, penyempurnaan atau pencabutan terhadap peraturan yang sudah ditetapkan itu bila ternyata dalam

pelaksanaannya tidak menunjukkan rasa keadilan bagi pihak yang terkait, atau terdapat kekeliruan dalam penetapannya.

Persoalan hukum menjadi sangat penting ketika terjadi konflik, baik konflik kepentingan, konflik antar pengguna dll. Aspek hukum berbenturan dengan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Sering terjadi pelanggaran hukum yang dapat berpengaruh pada sistem infrastruktur di luar wilayah pelanggaran hukum tersebut. Contoh yang sering terjadi adalah penjarahan hutan, yang seharusnya berfungsi sebagai kawasan lindung. Akibat kegiatan ini maka kerusakan infrastruktur akan berpengaruh di daerah lain, misalnya terjadi peningkatan banjir di bagian hilirnya, kerusakan jalan akibat banjir meningkat, turunnya kapasitas sumber daya air, timbulnya longsor.

Aspek kelembagaan memberikan peran yang besar pada penataan ruang. Pada prinsipnya para *stakeholders* dapat dikelompokkan menjadi 6 grup, yaitu penyedian pelayanan (*service provider*), pengatur (*regulator*), organisasi pendukung (*support organizations*), perencana (*planner*), operator dan pemakai (*user*) (Grigg, 1996).

Dalam penentuan kelembagaan maka kelompok-kelompok tersebut merupakan hal utama yang perlu dianalisis, seperti diketahui kegiatan-kegiatan infrastruktur yang berkaitan dengan penataan ruang, aspek-aspek yang berpengaruh antara lain meliputi sumber daya manusia, sumber daya alam, sistem infrastuktur, kelembagaan dan kemampuan pengelolaan.

9.2.5 Lingkungan

Sebagaimana telah dijelaskan di atas bahwa penataan ruang tidak hanya untuk kepentingan sektor ekonomi tetapi juga harus diperhatikan aspek lingkungan. Penetapan kebijakan-kebijakan dan perencanaan penataan ruang harus memperhatikan sistem ekologi global dan lokal, serta sumber daya alam yang terkandung dalam suatu wilayah. Pemanfaatan sumber daya alam seperti air, udara, energi dll suatu kota tidak hanya berpengaruh pada kota tersebut, akan tetapi juga berpengaruh pada kota-kota di sekitarnya. Setiap pembangunan harus memperhatikan aspek-aspek lingkungan sebagai berikut (Devas and Rakodi, 1993):

- Meminimalisasi dampak dari pembangunan dan kegiatan-kegiatan pada perubahan ekologi.
- Meminimalisasi risiko akibat adanya perubahan-perubahan terhadap bumi, seperti kerusakan lapisan ozon, pemanasan global yang disebabkan emisi Karbon Dioksida, perubahan iklim lokal yang disebabkan banjir, kekeringan, penebangan liar.
- Meminimalisasi polusi udara, air, dan tanah.
- Adanya jaminan dan pembangunan yang berkelanjutan serta berwawasan lingkungan.

Sedangkan menurut Keraf (2001) menyebutkan ada 9 prinsip etika lingkungan yang wajib ditaati dalam pembangunan, meliputi:

- Hormat terhadap alam (*respect for nature*)
- Bertangggung jawab kepada alam (*responsibility for nature*)
- Solidaritas kosmis (*cosmic solidarity*)
- Peduli kepada alam (*caring for nature*)
- Tidak merugikan (*no harm*)
- Hidup selaras dengan alam (*living harmony with nature*)
- Keadilan

- Demokrasi
- Integritas moral

Budiharjo menambahkan bahwa untuk pembangunan yang berkelanjutan diperlukan "*The 10 Commandments"of Sustainable Development* (Research Triangle Institute, 1996 *with elaborated by* Budiharjo (Budiharjo dan Sujoto, 1999):

1. *Employment / Economy*
2. *Environment / Ecology*
3. *Engagement / Participation*
4. *Equity*
5. *Enforcement*
6. *Empowerment*
7. *Enjoyment*
8. *Ethics of Development*
9. *Energy Conservation*
10. *Aesthetics*

9.3 Penataan Ruang Berdasar UU No 26 Tahun 2007

Perangkat peraturan tentang penataan ruang sudah ada yaitu dengan sudah berlakunya UU No. 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang sebagai pengganti UU No. 24 Tahun 1992. UU No. 26 Tahun 2007 terdiri atas 13 Bab dengan 80 Pasal. Secara garis besar isi undang-undang ini ditunjukkan dalam Tabel 9-1.

Tabel 9-1. Garis besar UU No. 26 Tahun 2007

Bab	Uraian Bab dan Bagian	Paragraf	Pasal	Penjelasan
I	**Ketentuan Umum**		1	
II	**Asas Dan Tujuan**		2,3	ada
III	**Klasifikasi Penataan Ruang**		4	
			5,6	ada
IV	**Tugas Dan Wewenang**			
	Bagian I Tugas		7	ada
	Bagian II Wew Pem		8	ada
			9	
	Bagian III Wew Pem Da Prov		10	ada
	Bagian IV Wew Pem Kab/Ko		11	ada
V	**Pengaturan & Pembinaan Penat Ru**		12	
			13	ada
VI	**Pelaksanaan Penataan Ruang**			
	Bag I Perenc Tata Ruang	1 Umum	14-15	ada
			16	
			17-18	ada
		2 Peren TRWN	19	
			20	ada
			21	
		3 Perenc TRWP	22	
			23	ada
			24	
		4 Peren TRWKab	25,26	ada
			27	
		5 Peren TRWKo	28,3	ada
			30,3	
	Bag II Pemanf. Ruang	1 Umum	32,3	ada
		2 Pemanf Ru Wil	34	ada
	Bag III Pengend Pemanf Ruang		35-38	ada
			39,40	
	Bag IV Penataaan Ru Kaws Perkot	1 Umum	41	ada
		2 Peren TR Kaw Perkot	42	
			43,44	ada

Bab	Uraian Bab dan Bagian	Paragraf	Pasal	Penjelasan
		3 Pemanf Ru Kaw Perko	45	ada
		4 Pengend Pemanf Ru Kaw Perko	46	ada
		5 Kerja Sama Pena Ru Kaw Perko	47	
	Bag V Penataan Ru Kaw Perdes	1 Umum	48	ada
		2 Peren TR Kaw Perdes	49,50	
			51	ada
		3 Pemanf Ru Kaw Perdes	52	
		4 Pengend Pemanf Ru Kaw Perdes	53	
		5 Kerja Sama Pena Ru Kaw Perdes	54	
VII	**Pengawasan Penataan Ruang**		55,56	ada
			57	
			58	ada
			59	
VIII	**Hak, Kewajib, & Peran Masya**		60,61	ada
			62	
			63	ada
			64	
			65,66	ada
IX	**Penyelesaian Sengketa**		67	ada
X	**Penyidikan**		68	ada
XI	**Ketentuan Pidana**		69-75	
XII	**Ketentuan Peralihan**		76	
			77	ada
XIII	**Ketentuan Penutup**		78	ada
			79,80	
	Penjelasan	I Umum II Pasal-Pasal		

Ringkasan UU No 26 Tahun 2007 ditunjukkan dalam Gambar 9-11.

2 Asas & Tujuan 2,3

1 Ketentuan Umum 1
34 Definisi 1

3 Klasifikasi PR 4-6

-Klasifikasi: sistem,fungsi utama kaw, wilayah adm kegiatan kaw, nilai strategis kaw 4
-detail klasifi: -sistem: wil & internal pktan -fungsi utama kaw lindung (5) &bddaya(11) -wil adm: nas, prov, kab/kt - kegiatn kaw: perkot, perdes - nilai strategis kaw: nas,prov,kab/kota 5
-PR memperhatikan: kond fisik wil NKRI □ bencana, potensi SDA, SDM, SDBuatan, kondi eko-sos-bud-pol-huk-hankam-LH,geostrategi, geopolit, & geoekonomi
-Nas, prov, kab/kota jenjang & komplemen
-3 Ruang: darat, laut, udara & dlm bumi
-Ruang laut & udara →UU 6

4 Tugas &Wewenang 7-11

-PR□rkyt makmur 7
-Wewenang pem 8
-Mentri: pengat, pembin, pengaw, pelaks, koord 9
-Wewenang pemprov 10
-Wewenang pemkab/kt 11

5Pengaturan&Pembinaan PR12,13

-peratran uu & pedom 12
-pembina: koord,ssiali uu, bimbig-suprvisi-knsult, diklat,litbang, sist info, pengemb masya, PP13

6 Pelaksanaan Penataan Ruang 14-54

Perencanaan Tata Ruang 14-31

-Hasil Perenc TR (PP) 14
-RTRW dan Ruang 15
-Peninjauan kembali (PP) 16
-Renc struktur rg & renc pola rg (PP)17
-Penetapan Raperda 18

Perenc TRWN 19-21

-Penyusunan memperhatikan 19
-Muatan RTRWN (PP) 20
-Rencana rinci tata ruang 21

PerencTRWProv 22-24

-Penyusu mengacu & memperhatikan 22
-Muatan RTRWProv 23
-RTR kaw strategis provinsi Perda 24

Perenc TRWKab 25-27

-Penyu mengacu & memperhatikan25
-Muatan RTRW Kab 26
-RDTR Kab & RTR kaw strtgis Perda 27

Perenc TR Wil Kota 28-31

- = {Pasal2 25, 26 + a. b. c.) dan 27} 28
-Ruang terbuka hijau 29
-Distribusi Ruang Terbuka Hijau 30
-PerMen untuk Pasal 28 a dan b 31

Pengendal Pemanf Rg 35-40

-Pengend: prturan zonasi, perizinan, insentif & disinsentif & sanksi 35
-Peraturan zonasi (PP) 36
-Ketentuan perizinan (PP) 37
-Insentif &/atau disinsentif (PP) 38
-Sanksi 39
-Pengend pemanf rg (PP) 40

Pemanfaatan Ruang 32-34

-Pelaks prgram pemanf rg + biaya32
-Pemanf rg mengacu fungsi rg (PP) 33

Pemanfaatan Ruang Wilayah 34

-Permusan kebij strtgis operas, prgrm sektoral, pelaks pembang 34

PR Kaw Perkotaan 41-47

-Bentuk kaw perkotaan (kecil, sdng, besar, metropol, megapolitan), kriteria (PP) 41

Perenc TR Kaw Perkot 42-44

-Renc rinci TRWKab, Rg terbuka hijau,
-Distribusi Ruang Terbuka Hijau 42
-Koord 2/lbih wil kab/kt 1/leih wil prov43
-RTR kaw metropol 44

Pemanf Rg Kaw Perkotaan 45

-Kaw Perkotaan bagian wilayah 45

Pengend Pemanf Rg Kaw Perkot 46

-Pengend kaw perkot bagian wilayah 46

Kerja Sama PR Kaw Perkotaan 47

-Kerjasama PR (PP) 47

PR Kaw Perdesaan 48-54

-PR Kaw Perdes diarahkan utk & diselenggarakan pada (PP) 48

Perenc Rg Kaw Perdes 49-51

-Kaw perdes bagian wil 49
-PR Kaw Perdesa 1/lbh wil kab 50
-Kaw agropolitan 51
-Pemanf rg kaw perdes bag wil kab 52
-Pengend rg kaw perdes bag wil kab53
-Kerjasama 2 atau lebih wil kab (PP) 54

a. Ringkasan UU No 26 Tahun 2007 dari Pasal 1 sampai Pasal 54

7 Pengawasan PR 55-59	8 Hak-wjib&pran masy60-66	11 Kettuan Pidana 69-75
-Pengaw: mon-ev&pelaporn 55 -Monev 56 -Sanksi 57 -Pmenuhan stndar pelay min 58 -Pengawa dgn pedoman: pengaturan, pembinaan, pelaks PR, tata cara pengaw (PerMen) 59	-hak setiap orang 60 -kewajiban setiap orang 61 -sanksi administratif 62 -jenis sanksi administratif 63 -kriteria & tta cra sanksi PP 64 -peran masyarakat PP 65 -gugatan masyarakat 66	-Pidana & denda tak taat RTR 69 -Pidan&denda tak sesuai izin pemanf 70 -Tak patuh ktntuan syarat izin pemanf71 -Tak beri akses thdp kaw milik umum72 -Pejabat izin tak sesuai73 -Bila Koorperasi74 -Orang yang rugi dapat menuntut75

9 Penyele sengketa 67	12 Kettuan Peralihan76,77	13 Kttn Penutup 78-80
Musyawrh, lwt /luarpengadilan 67 **10 Penyidikan** 68 -Penyidik →KUHP -Wewenang -Beritahu polisi -Penyidik ssuai per-uu-an	-Tetap berlaku 76 -Pemanf rg disesuaikan, transisi 3 thn, pemegang izin dpt gnti rugi 77	-PP 2, PerPres, PerMen 3 thn, -PP RTRW 1½,Perda Prov 2 Kab/Kta 3 thn 78 -UU 24 1992 tak berlaku 79 -UU 26 berlaku 80

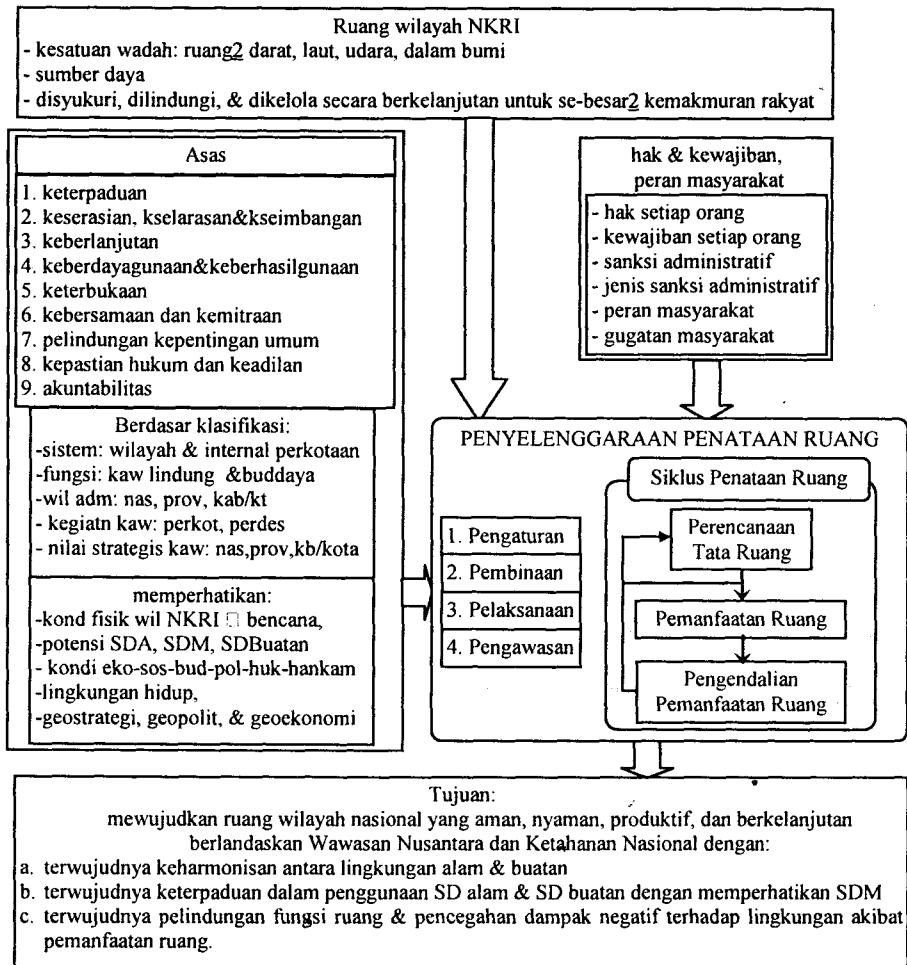
b. Ringkasan UU No 26 Tahun 2007 dari Pasal 55 sampai Pasal 80

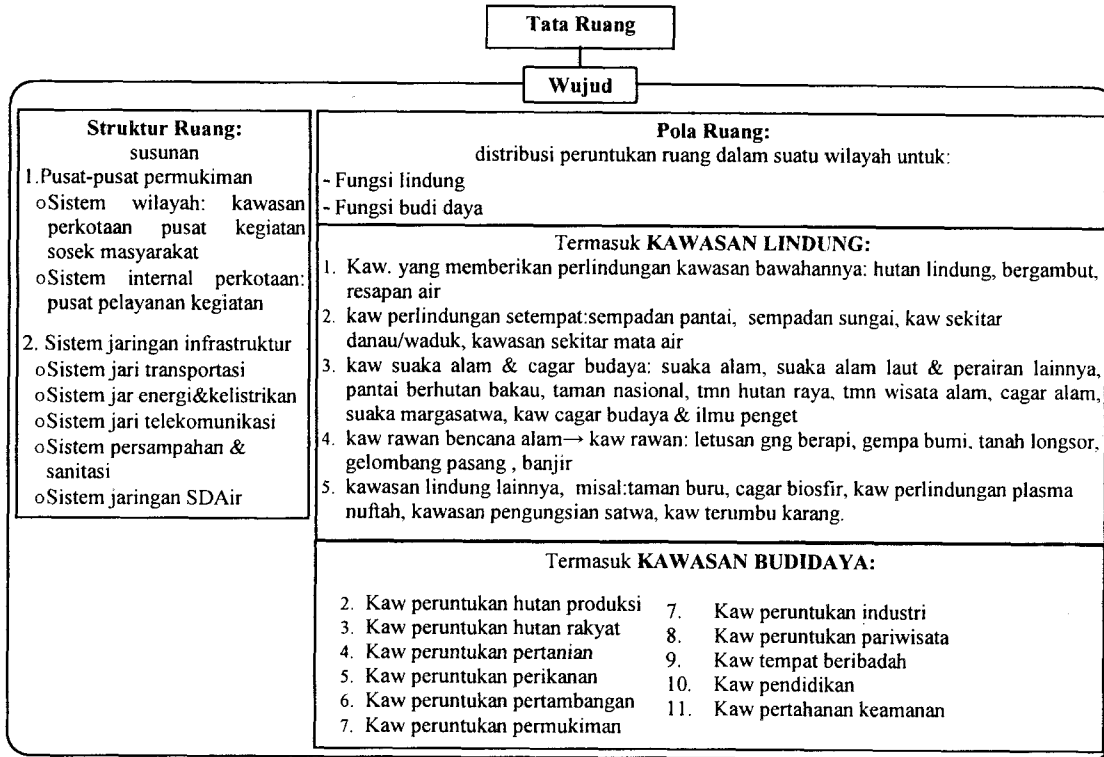
Catatan:
Angka → Bab, Uraian, Angka → Pasal

Contoh: 7 Pengawasan PR 55-59
→ Bab 7 Pengawasan Penataan Ruang, Pasal 55 sampai dengan 59.

Gambar 9-11. Ringkasan UU No 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang

9.4 Penyelenggaraan Penataan Ruang

Penyelenggaraan penataan ruang adalah kegiatan yang meliputi pengaturan, pembinaan, pelaksanaan, dan pengawasan penataan ruang. Detail penyelenggaraan penataan ruang ditunjukkan dalam Gambar 9-12.

Gambar 9-12. Penyelenggaraan Penataan Ruang

Detail wujud tata ruang ditunjukkan dalam Gambar 9-13.

Gambar 9-13. Wujud tata ruang

9.4.1 Asas Penataan Ruang

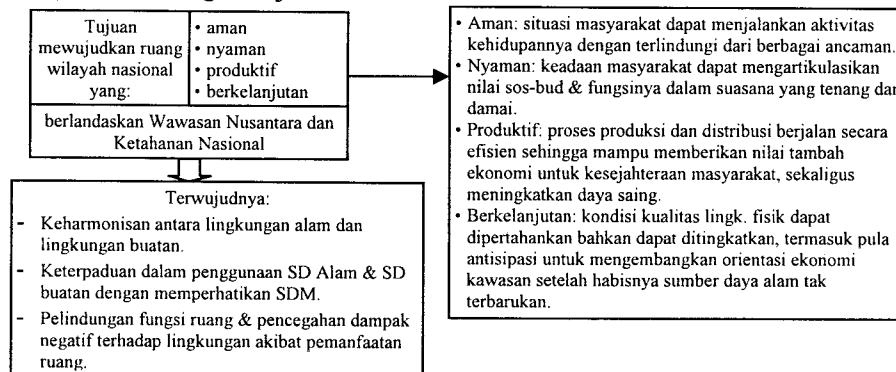
Penataan ruang berdasarkan Undang-Undang No. 26 Tahun 2007, diselenggarakan berdasarkan asas-asas:

Keterpaduan keserasian, keselarasan, & keseimbangan keberlanjutan: keberdayagunaan dan keberhasilgunaan keterbukaan.	kebersamaan dan kemitraan pelindungan kepentingan umum kepastian hukum dan keadilan. akuntabilitas.

- keterpaduan: bahwa penataan ruang diselenggarakan dengan mengintegrasikan berbagai kepentingan yang bersifat lintas sektor, lintas wilayah, dan lintas pemangku kepentingan (antara lain Pemerintah, pemerintah daerah, dan masyarakat).
- keserasian, keselarasan, dan keseimbangan: bahwa penataan ruang diselenggarakan dengan mewujudkan keserasian antara struktur ruang dan pola ruang, keselarasan antara kehidupan manusia dengan lingkungannya, keseimbangan pertumbuhan dan perkembangan antardaerah serta antara kawasan perkotaan dan kawasan perdesaan.

- keberlanjutan: bahwa penataan ruang diselenggarakan dengan menjamin kelestarian dan kelangsungan daya dukung dan daya tampung lingkungan dengan memperhatikan kepentingan generasi mendatang.
- keberdayagunaan dan keberhasilgunaan: bahwa penataan ruang diselenggara-kan dengan mengoptimalkan manfaat ruang dan sumber daya yang terkandung di dalamnya serta menjamin terwujudnya tata ruang yang berkualitas.
- keterbukaan: bahwa penataan ruang diselenggarakan dengan memberikan akses yang se-luas2-nya kepada masyarakat untuk mendapatkan informasi berkaitan dengan penataan ruang.
- kebersamaan dan kemitraan: bahwa penataan ruang diselenggarakan dengan melibatkan seluruh pemangku kepentingan.
- pelindungan kepentingan umum: bahwa penataan ruang diselenggarakan dengan mengutamakan kepentingan masyarakat.
- kepastian hukum dan keadilan: bahwa penataan ruang diselenggarakan dengan berlandaskan hukum/ketentuan peraturan perundang-undangan dan bahwa penataan ruang dilaksanakan dengan mempertimbangkan rasa keadilan masyarakat serta melindungi hak dan kewajiban semua pihak secara adil dengan jaminan kepastian hukum.
- akuntabilitas: bahwa penyelenggaraan penataan ruang dapat dipertanggung-jawabkan, baik prosesnya, pembiayaannya, maupun hasilnya.

9.4.2 Tujuan Penyelenggaraan Penataan Ruang

Tujuan penataan ruang ditunjukkan dalam Gambar 9-14.

Gambar 9-14. Tujuan penyelenggaraan penataan ruang (UU No. 26 Tahun 2007)

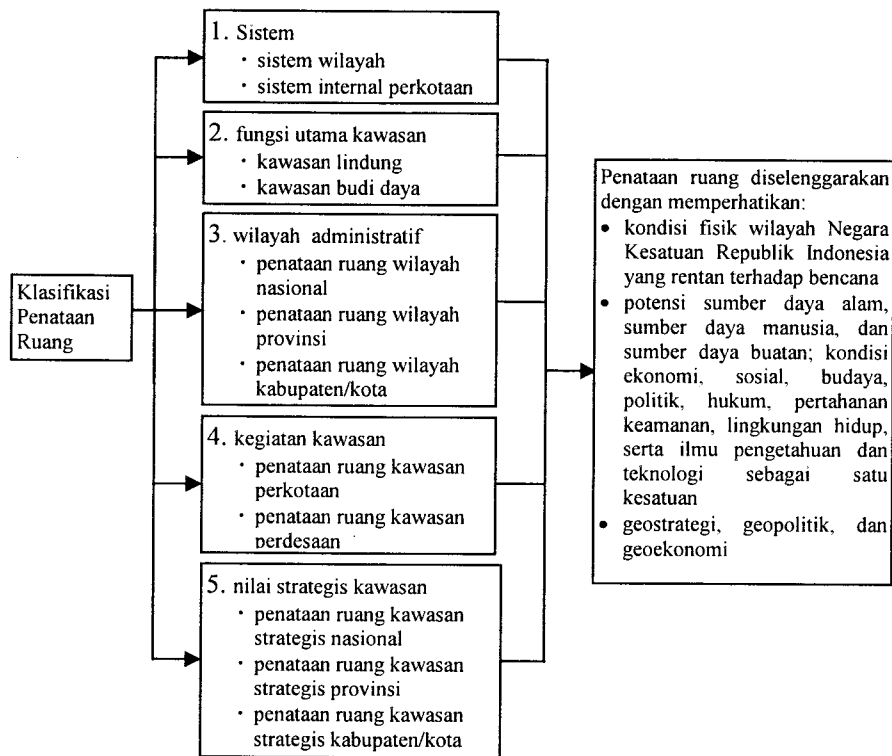
Tujuan penataan ruang adalah menciptakan hubungan yang serasi antara berbagai kegiatan pada wilayah-wilayah agar tercipta hubungan yang harmonis dan serasi. Sehingga akan mempercepat proses tercapainya kemakmuran dan terjaminnya kelestarian lingkungan hidup (Tarigan, 2004).

9.4.3 Ketentuan Penataan Ruang

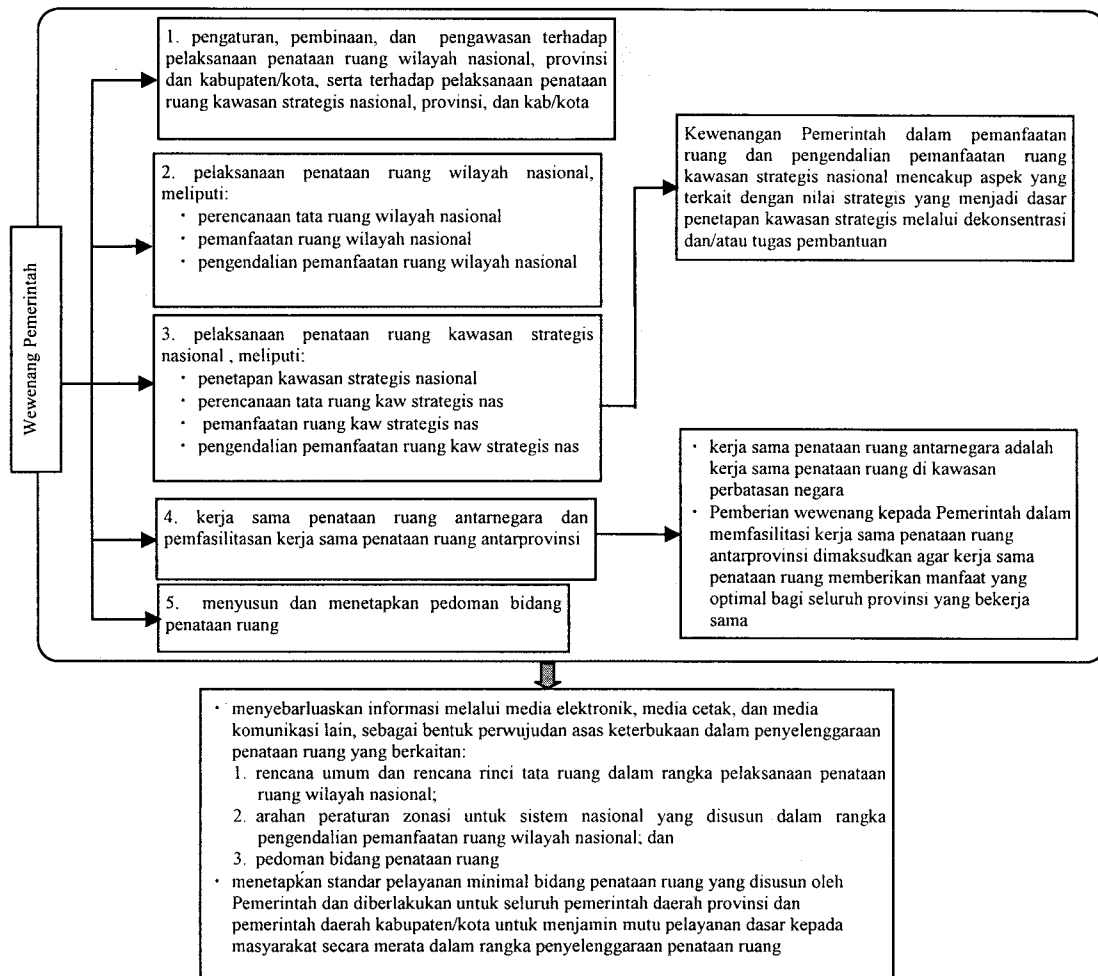
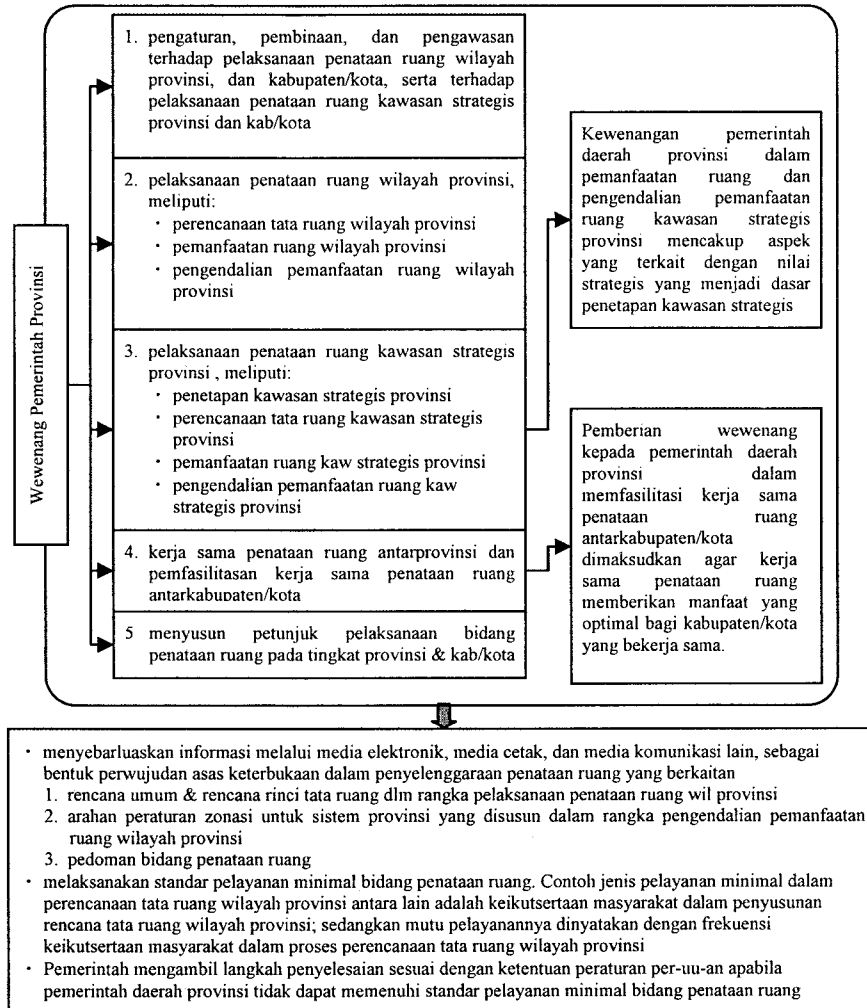
Dalam rangka mencapai tujuan penyelenggaraan penataan ruang tersebut, Undang-Undang ini, antara lain, memuat ketentuan pokok sebagai berikut:

1. pembagian wewenang antara Pemerintah, pemerintah daerah provinsi, dan pemerintah daerah kabupaten/kota dalam penyelenggaraan penataan ruang untuk memberikan kejelasan tugas dan tanggung jawab masing-masing tingkat pemerintahan dalam mewujudkan ruang wilayah nasional yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan.
2. pengaturan penataan ruang yang dilakukan melalui penetapan peraturan perundang-undangan termasuk pedoman bidang penataan ruang sebagai acuan penyelenggaraan penataan ruang.
3. pembinaan penataan ruang melalui berbagai kegiatan untuk meningkatkan kinerja penyelenggaraan penataan ruang.
4. pelaksanaan penataan ruang yang mencakup perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang, dan pengendalian pemanfaatan ruang pada semua tingkat pemerintahan.
5. pengawasan penataan ruang yang mencakup pengawasan terhadap kinerja pengaturan, pembinaan, dan pelaksanaan penataan ruang, termasuk pengawasan terhadap kinerja pemenuhan standar pelayanan minimal bidang penataan ruang melalui kegiatan pemantauan, evaluasi, dan pelaporan.
6. hak, kewajiban, dan peran masyarakat dalam penyelenggaraan penataan ruang untuk menjamin keterlibatan masyarakat, termasuk masyarakat adat dalam setiap proses penyelenggaraan penataan ruang.
7. penyelesaian sengketa, baik sengketa antardaerah maupun antarpemangku kepentingan lain secara bermartabat.
8. penyidikan, yang mengatur tentang penyidik pegawai negeri sipil beserta wewenang dan mekanisme tindakan yang dilakukan.
9. ketentuan sanksi administratif dan sanksi pidana sebagai dasar untuk penegakan hukum dalam penyelenggaraan penataan ruang.
10. ketentuan peralihan yang mengatur keharusan penyesuaian pemanfaatan ruang dengan rencana tata ruang yang baru, dengan masa transisi selama 3 (tiga) tahun untuk penyesuaian.

9.4.4 Klasifikasi Penataan Ruang

Klasifikasi Penataan Ruang, berdasarkan: 1. Sistem, 2. Fungsi utama kawasan, 3. Wilayah administratif, 4. Kegiatan kawasan, 5. Nilai strategis kawasan. Klasifikasi penataan ruang ditunjukkan dalam Gambar 9-15.

Gambar 9-15. Klasifikasi penataan ruang

9.5 Kewenangan

Berdasarkan UU No. 26 Tahun 2007 wewenang pemerintah, pemerintah provinsi, pemerintah kabupaten/ kota dapat dilihat pada diagram dalam Gambar-Gambar 9-16, 9-17 dan 9-18.

Gambar 9-16. Wewenang Pemerintah (UU No. 26 Tahun 2007)

Gambar 9-17. Wewenang Pemerintah Provinsi (UU No. 26 Tahun 2007)

- menyebarluaskan informasi yang berkaitan dengan rencana umum dan rencana rinci tata ruang dalam rangka pelaksanaan penataan ruang wilayah kabupaten/kota
- melaksanakan standar pelayanan minimal bidang penataan ruang

Contoh jenis pelayanan dalam perencanaan tata ruang wilayah kabupaten/kota, antara lain, adalah keikutsertaan masyarakat dalam penyusunan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota; sedangkan mutu pelayanannya dinyatakan dengan frekuensi keikutsertaan masyarakat dalam proses perencanaan tata ruang wilayah kabupaten/kota

- pemerintah daerah provinsi dapat mengambil langkah penyelesaian sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan apabila pemerintah daerah kabupaten/kota tidak dapat memenuhi standar pelayanan minimal bidang penataan ruang

Gambar 9-18. Wewenang Pem Kab/Kota (UU No. 26 Tahun 2007)

9.6 Pelaksanaan Penataan Ruang

9.6.1 Siklus Penataan Ruang

Berdasarkan UU No. 26 Tahun 2007, upaya pencapaian tujuan penataan ruang melalui pelaksanaan penataan yang meliputi:

- Perencanaan tata ruang.
- Pemanfaatan ruang.
- Pengendalian pemanfaatan ruang.

Secara skematis siklus penataan ruang ditunjukkan dalam Gambar 9-19.

a. Siklus Penataan Ruang

SIKLUS PELAKSANAAN PENATAAN RUANG

1. PERENCANAAN TATA RUANG

proses penyusunan dan penetapan rencana tata ruang atau proses penyusunan dan penetapan hasil perencanaan tata ruang

proses penyusunan dan penetapan wujud struktur ruang dan pola pemanfaatan ruang, baik direncanakan maupun tidak

- Wujud Struktur Ruang: wujud susunan pusat-pusat permukiman dan sistem jaringan prasarana dan sarana yang berfungsi sebagai pendukung kegiatan sosial ekonomi masyarakat yang secara hierarkis memiliki hubungan fungsional.
- Wujud Pola Ruang adalah wujud distribusi peruntukan ruang dalam suatu wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan peruntukan ruang untuk fungsi budi daya.

2. PEMANFAATAN RUANG

Pemanfaatan Ruang: upaya untuk mewujudkan struktur ruang dan pola ruang sesuai dengan rencana tata ruang melalui penyusunan dan pelaksanaan program beserta pembiayaannya.

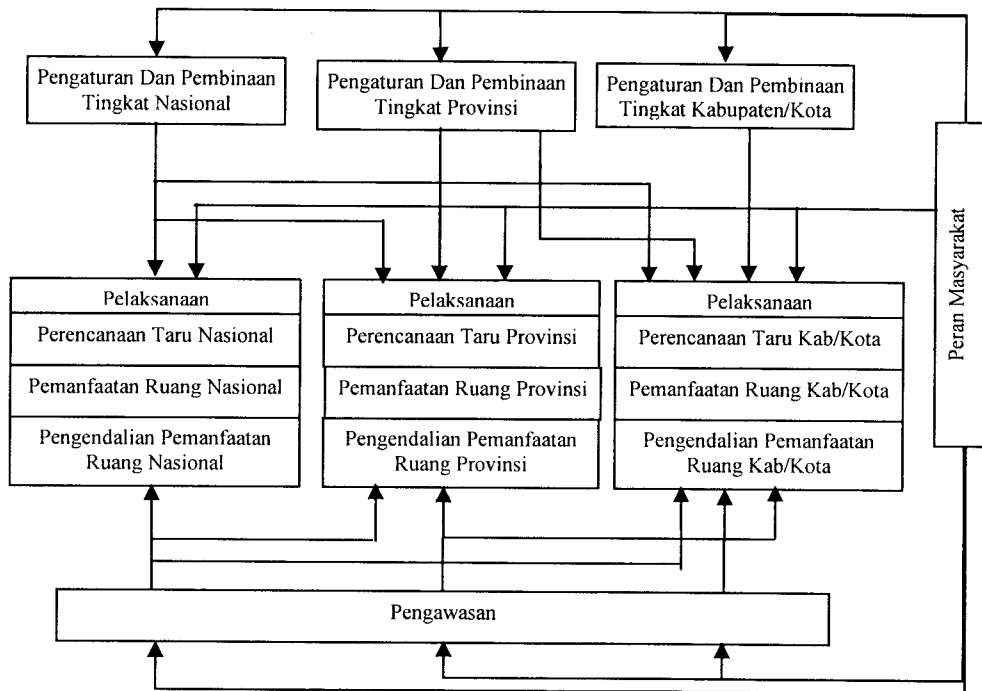
Pemanfaatan Ruang: Pemanfaatan Wadah Meliputi Ruang^2: daratan, lautan dan udara sebagai satu kesatuan wilayah, tempat manusia dan makhluk lainnya hidup dan melakukan kegiatan serta memelihara kelangsungan hidupnya.

3. PENGENDALIAN PEMANFAATAN RUANG

Upaya untuk mewujudkan tertib tata ruang dilakukan melalui penetapan peraturan zonasi, perizinan, pemberian insentif dan disinsentif, serta pengenaan sanksi

b. Detail Siklus Penataan Ruang

Gambar 9-19. SiklusPenataan Ruang (UU No. 26 Tahun 2007)

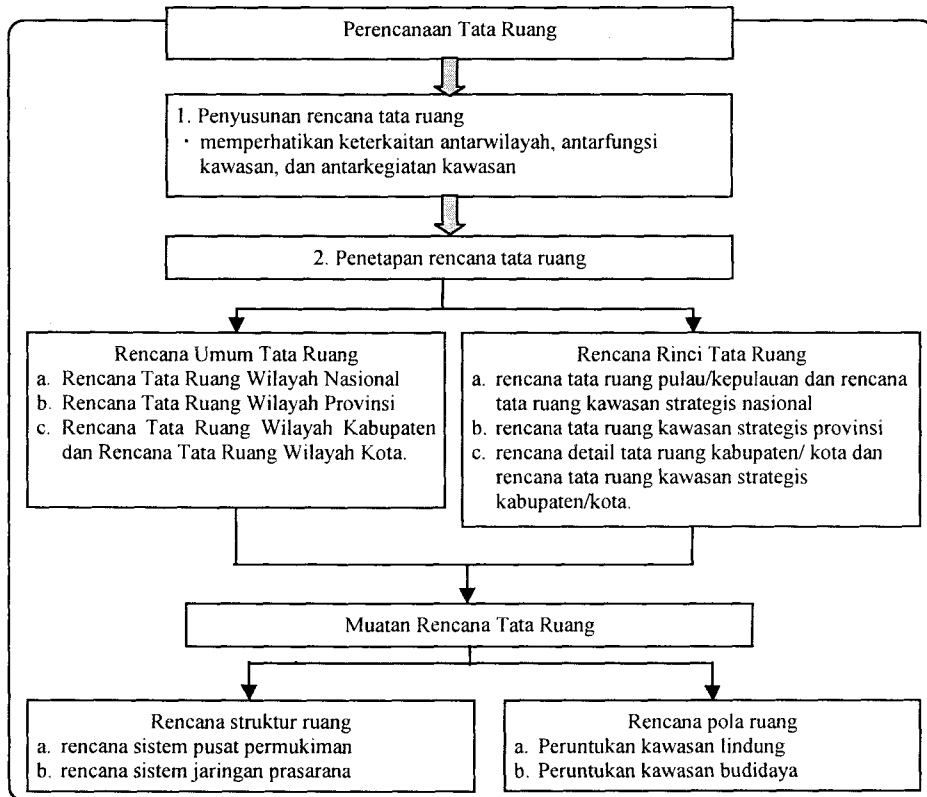
Pelaksanaan penataan ruang ditunjukkan dalam Gambar 9-20.

Gambar 9-20. Penyelengaraan Pelaksanaan Penataan Ruang (UU No. 26 Tahun 2007)

Pelaksanaan penataan ruang dapat dibagi menjadi 5 bagian, yaitu:

1. Perencanaan Tata Ruang
2. Pemanfaatan Ruang
3. Pengendalian Pemanfaatan Ruang
4. Penataan Ruang Kawasan Perkotaan
   - Perencanaan Tata Ruang
   - Pemanfaatan Ruang
   - Pengendalian Pemanfaatan Ruang
5. Penataan Ruang Kawasan Perdesaan
   - Perencanaan Tata Ruang
   - Pemanfaatan Ruang
   - Pengendalian Pemanfaatan Ruang

9.6.2 Perencanaan Penataan Ruang

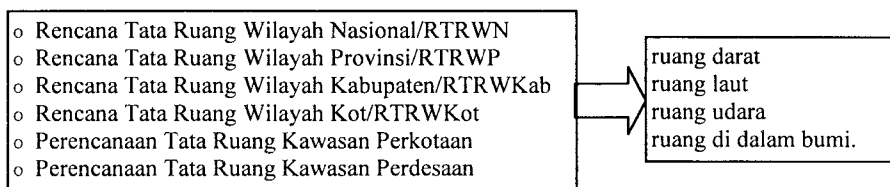
Perencanaan adalah mengetahui dan menganalisis kondisi saat ini, meramalkan perkembangan berbagai faktor *noncontrollable* yang relevan, memperkirakan faktor-faktor pembatas, menetapkan tujuan dan sasaran yang diperkirakan dapat dicapai, menetapkan langkah-langkah untuk mencapai tujuan tersebut, serta menetapkan lokasi dari berbagai kegiatan yang akan dilaksanakan untuk mencapai tujuan atau sasaran tersebut (Tarigan, 2004).

Penataan ruang berdasarkan UU No. 26 Tahun 2007 dilakukan untuk menghasilkan rencana umum dan rencana rinci. Secara skematis perencanaan penataan ruang dapat dilihat pada diagram berikut.

Gambar 9-21. Skema perencanaan penataan ruang berdasarkan UU No. 26 Tahun 2007

Perencanaan tata ruang dilakukan untuk menghasilkan:

a. rencana umum tata ruang

b. rencana rinci tata ruang.

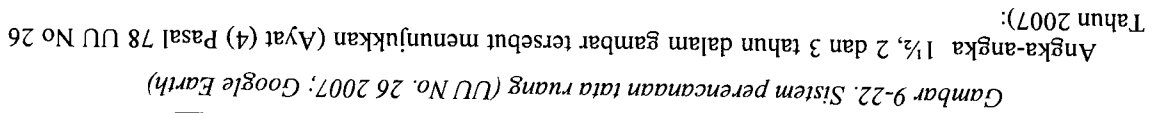
Rencana umum tata ruang yang dibedakan menurut wilayah administrasi pemerintahan karena kewenangan mengatur pemanfaatan ruang dibagi sesuai dengan pembagian administrasi pemerintahan secara berhierarki terdiri atas:

Rencana rinci tata ruang merupakan penjabaran rencana umum tata ruang yang dapat berupa rencana tata ruang kawasan strategis yang penetapan kawasannya tercakup di dalam rencana tata ruang wilayah yang berisi operasionalisasi rencana umum tata ruang yang dalam pelaksanaannya tetap memperhatikan aspirasi masyarakat sehingga muatan rencana masih dapat disempurnakan dengan tetap mematuhi batasan yang telah diatur dalam rencana rinci dan peraturan zonasi yang disusun sebagai perangkat operasional rencana umum tata ruang

Rencana rinci tata ruang terdiri atas:

1. Rencana tata ruang pulau/kepulauan dan rencana tata ruang kawasan strategis nasional yang merupakan rencana rinci untuk Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional.
2. Rencana tata ruang kawasan strategis provinsi yang merupakan rencana rinci untuk rencana tata ruang wilayah provinsi
3. Rencana detail tata ruang kabupaten/kota dan rencana tata ruang kawasan strategis kabupaten/kota yang merupakan rencana rinci untuk rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota. Rencana detail tata ruang kabupaten/kota dijadikan dasar bagi penyusunan peraturan zonasi.

Ilustrasi skema perencanaan penataan ruang ditunjukkan dalam Gambar 9-22.

Gambar 9-22. Sistem perencanaan tata ruang (UU No. 26 2007; Google Earth)

Angka-angka 1½, 2 dan 3 tahun dalam gambar tersebut menunjukkan (Ayat (4) Pasal 78 UU No 26 Tahun 2007):

- Peraturan Pemerintah tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN) disesuaikan paling lambat dalam waktu 1 (satu) tahun 6 (enam) bulan terhitung sejak Undang-Undang ini diberlakukan
- Semua peraturan daerah provinsi tentang rencana tata ruang wilayah provinsi (RTRWP) disusun atau disesuaikan paling lambat dalam waktu 2 (dua) tahun terhitung sejak Undang-Undang ini diberlakuka
- Semua peraturan daerah kabupaten/kota tentang rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota (RTRW Kab/Kota) disusun atau disesuaikan paling lambat 3 (tiga) tahun terhitung sejak Undang-Undang ini diberlakukan.

9.6.2.1 Penyusunan Rencana Tata Ruang

Penyusunan rencana tata ruang harus memperhatikan:

- keterkaitan antar-wilayah sebagai wujud keterpaduan dan sinergi antar-wilayah yaitu wilayah nasional, wilayah provinsi, dan wilayah kabupaten/kota.
- keterkaitan antar-fungsi kawasan wujud keterpaduan dan sinergi antar-kawasan, antara lain meliputi keterkaitan antara-kawasan lindung dan kawasan budidaya
- keterkaitan antar-kegiatan kawasan merupakan wujud keterpaduan dan sinergi antarkawasan antara lain meliputi keterkaitan antara kawasan perkotaan dan kawasan perdesaan.

Penyusunan rencana rinci tata ruang pulau/kepulauan dan rencana tata ruang kawasan strategis nasional dan provinsi apabila:

- rencana umum tata ruang belum dapat dijadikan dasar dalam pelaksanaan pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang.
- rencana umum tata ruang mencakup wilayah perencanaan yang luas dan skala peta dalam rencana umum tata ruang tersebut memerlukan perincian sebelum dioperasionalkan. Efektivitas penerapan rencana tata ruang sangat dipengaruhi oleh tingkat ketelitian atau kedalaman pengaturan dan skala peta dalam rencana tata ruang. Perencanaan tata ruang yang mencakup wilayah yang luas pada umumnya memiliki tingkat ketelitian atau kedalaman pengaturan dan skala peta yang tidak rinci. Oleh karena itu, dalam penerapannya masih diperlukan perencanaan yang lebih rinci. Apabila perencanaan tata ruang yang mencakup wilayah yang luasnya memungkinkan pengaturan dan penyediaan peta dengan tingkat ketelitian tinggi, rencana rinci tidak diperlukan.

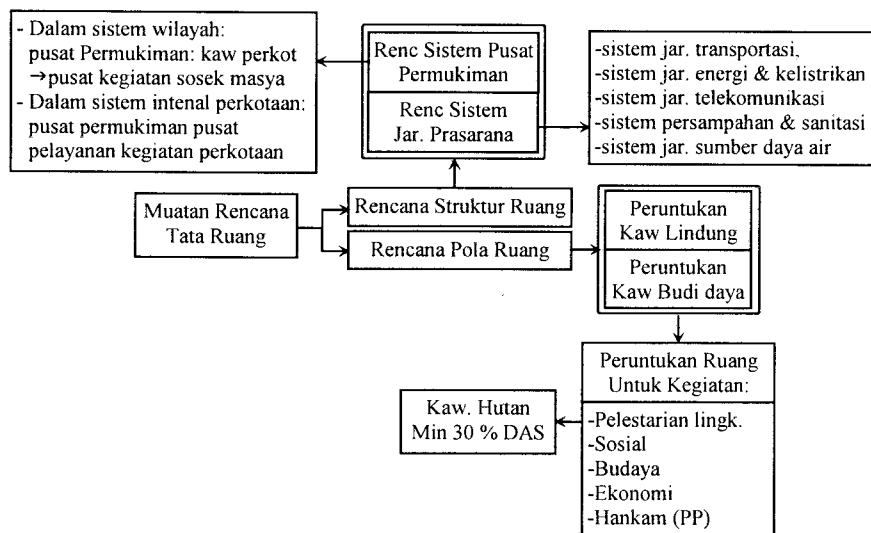
Ketentuan lebih lanjut mengenai tingkat ketelitian peta rencana tata ruang diatur dengan peraturan pemerintah

Muatan rencana tata ruang mencakup:

1. Rencana struktur ruang
   - rencana sistem pusat permukiman. Dalam sistem wilayah, pusat permukiman adalah kawasan perkotaan yang merupakan pusat kegiatan sosial ekonomi masyarakat, baik pada kawasan perkotaan maupun pada kawasan perdesaan. Dalam sistem internal perkotaan, pusat permukiman adalah pusat pelayanan kegiatan perkotaan.
   - rencana sistem jaringan prasarana. Sistem ini antara lain mencakup sistem jaringan transportasi, sistem jaringan energi dan kelistrikan, sistem jaringan telekomunikasi, sistem persampahan dan sanitasi, serta sistem jaringan sumber daya air.
2. Rencana pola ruang

meliputi peruntukan kawasan lindung dan kawasan budi daya. Peruntukan kawasan lindung dan kawasan budi daya meliputi peruntukan ruang untuk kegiatan pelestarian lingkungan, sosial, budaya, ekonomi, pertahanan, dan keamanan.

3. Penyediaan kawasan hutan
   Dalam rangka pelestarian lingkungan dalam rencana tata ruang wilayah ditetapkan kawasan hutan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas daerah aliran sungai. Penetapan proporsi luas kawasan hutan terhadap luas daerah aliran sungai dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan tata air, karena sebagian besar wilayah Indonesia mempunyai curah dan intensitas hujan yang tinggi, serta mempunyai konfigurasi daratan yang bergelombang, berbukit dan bergunung yang peka akan gangguan keseimbangan tata air seperti banjir, erosi, sedimentasi, serta kekurangan air. Distribusi luas kawasan hutan disesuaikan dengan kondisi daerah aliran sungai yang, antara lain, meliputi morfologi, jenis batuan, serta bentuk pengaliran sungai dan anak sungai. Dengan demikian kawasan hutan tidak harus terdistribusi secara merata pada setiap wilayah administrasi yang ada di dalam daerah aliran sungai (DAS).

Secara skematis muatan rencana tata ruang dapat dilihat pada Gambar 9-23.

Gambar 9-23. Skema muatan rencana tata ruang berdasarkan UU No. 26 Tahun 2007

Ketentuan lebih lanjut mengenai tata cara penyusunan rencana tata ruang yang berkaitan dengan fungsi pertahanan dan keamanan sebagai subsistem rencana tata ruang wilayah diatur dengan peraturan pemerintah. Rencana tata ruang untuk fungsi pertahanan dan keamanan karena sifatnya yang khusus memerlukan pengaturan tersendiri. Sifat khusus tersebut terkait dengan adanya kebutuhan untuk menjaga kerahasiaan sebagian informasi untuk kepentingan pertahanan dan keamanan negara. Rencana tata ruang yang berkaitan dengan fungsi pertahanan dan keamanan sebagai subsistem rencana tata ruang wilayah

mengandung pengertian bahwa penataan ruang kawasan pertahanan dan keamanan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari upaya keseluruhan penataan ruang wilayah.

9.6.2.2 Penetapan Rencana Tata Ruang

Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional, Provinsi dan Kabupaten Kota (RTRW N, P dan Kab/Kota) mencakup ruang darat, ruang laut, dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi. Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional mencakup pula rencana pemanfaatan sumber daya alam di zona ekonomi eksklusif Indonesia.

Penetapan rancangan peraturan daerah (Raperda) provinsi tentang rencana tata ruang wilayah provinsi dan rencana rinci tata ruang terlebih dahulu harus mendapat persetujuan substansi dari Menteri. Persetujuan substansi dari Menteri dimaksudkan agar peraturan daerah tentang rencana tata ruang mengacu pada Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional dan Kebijakan Nasional, sedangkan rencana rinci tata ruang mengacu pada rencana umum tata ruang. Selain itu, persetujuan tersebut dimaksudkan pula untuk menjamin kesesuaian muatan peraturan daerah, baik dengan ketentuan peraturan perundang-undangan maupun dengan pedoman bidang penataan ruang.

Penetapan rancangan peraturan daerah kabupaten/kota tentang rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan rencana rinci tata ruang terlebih dahulu harus mendapat persetujuan substansi dari Menteri setelah mendapatkan rekomendasi Gubernur.

Rencana tata ruang dapat ditinjau kembali dengan kriteria dan tata cara peninjauannya diatur dengan peraturan pemerintah. Peninjauan kembali ini untuk menghasilkan rekomendasi berupa:
rencana tata ruang yang ada dapat tetap berlaku sesuai dengan masa berlakunya.
rencana tata ruang yang ada perlu direvisi. Untuk kondisi ini, maka revisi rencana tata ruang dilaksanakan dengan tetap menghormati hak yang dimiliki orang sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

9.6.2.3 Perencanaan Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN)

Penyusunan RTRWN harus memperhatikan:

- Wawasan Nusantara dan Ketahanan Nasional
- Perkembangan permasalahan regional dan global, serta hasil pengkajian implikasi penataan ruang nasional
- Upaya pemerataan pembangunan dan pertumbuhan serta stabilitas ekonomi.
- Keselarasan aspirasi pembangunan nasional dan pembangunan daerah.
- Daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.
- Rencana pembangunan jangka panjang nasional.
- Rencana tata ruang kawasan strategis nasional.
- Rencana tata ruang wilayah provinsi dan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota.

Muatan RTRWN meliputi:

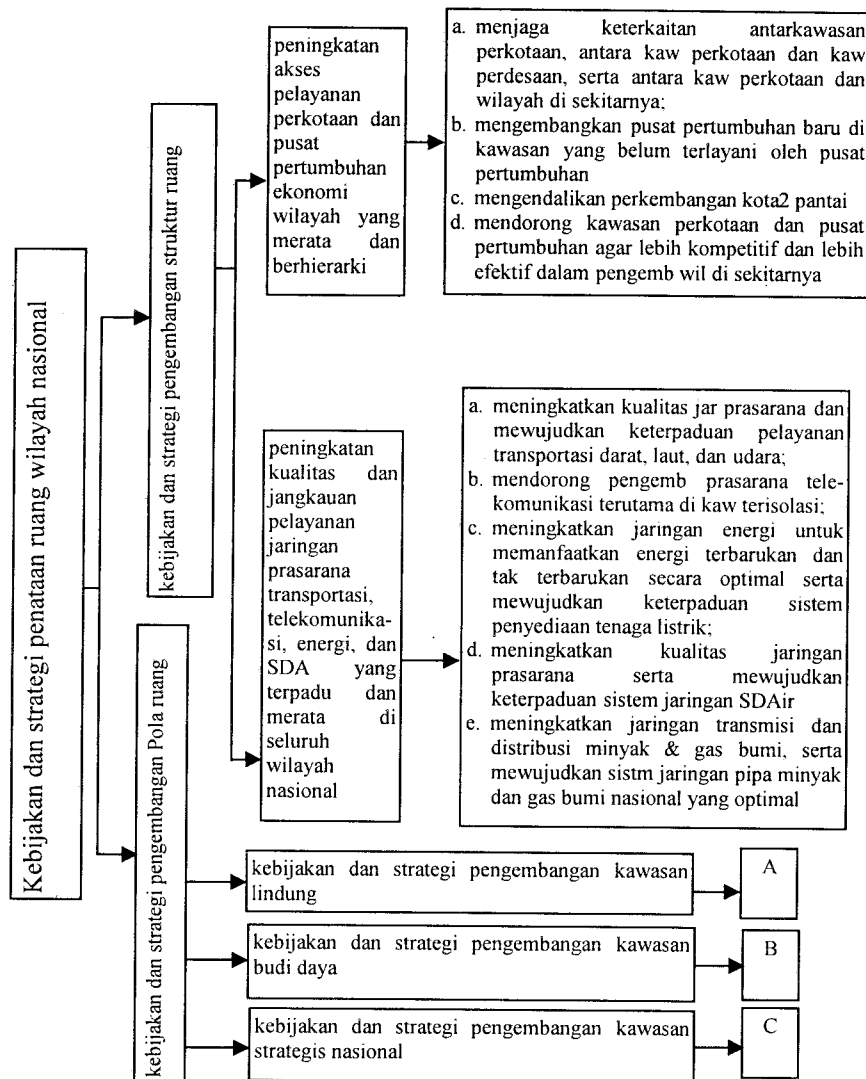
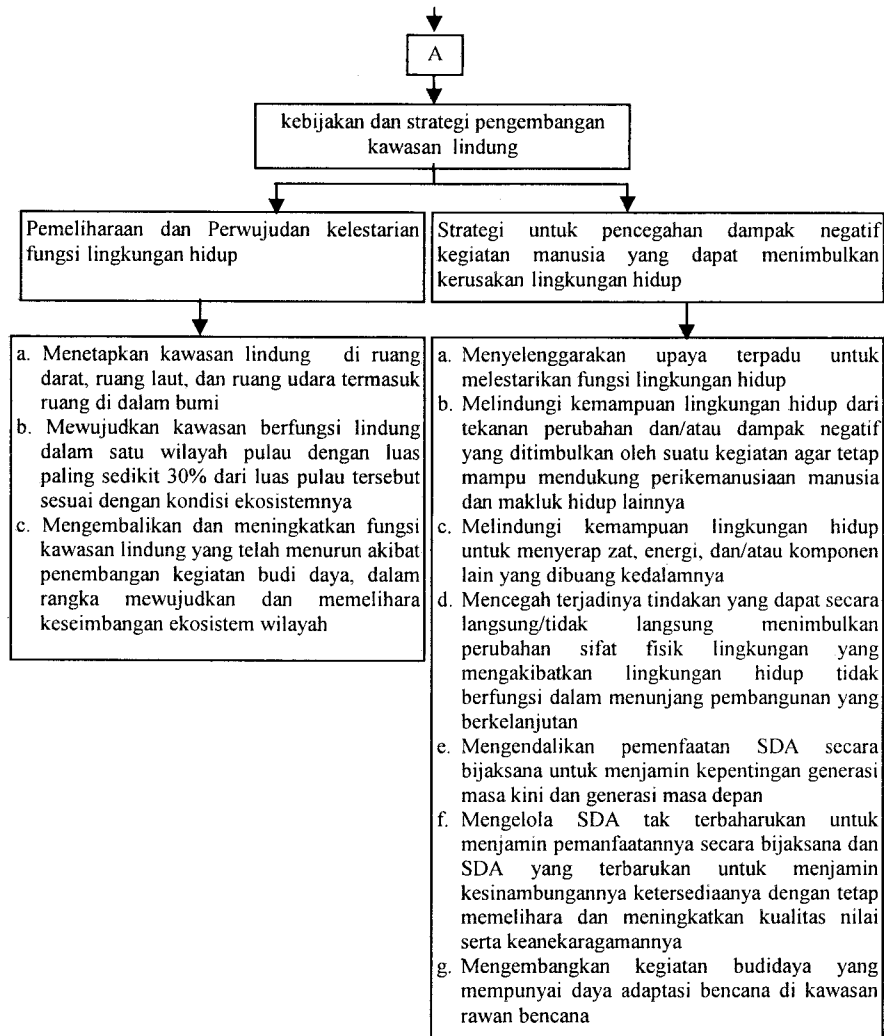
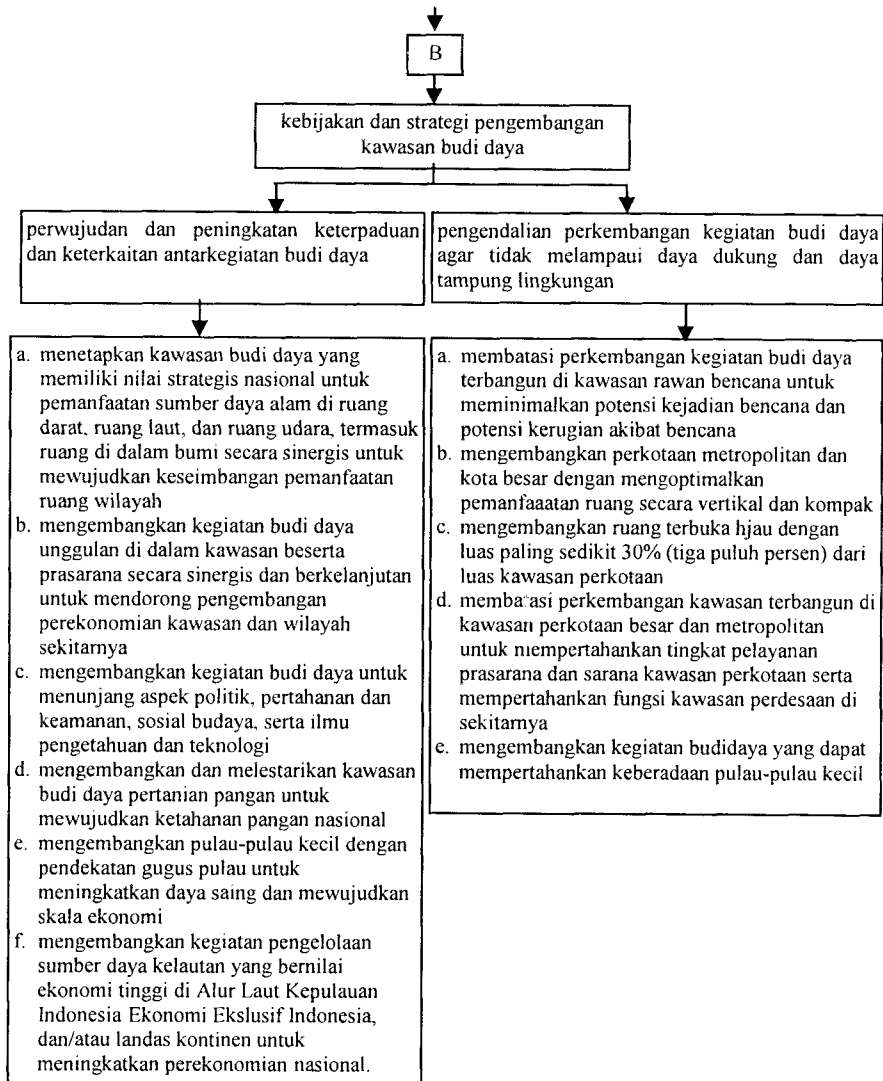
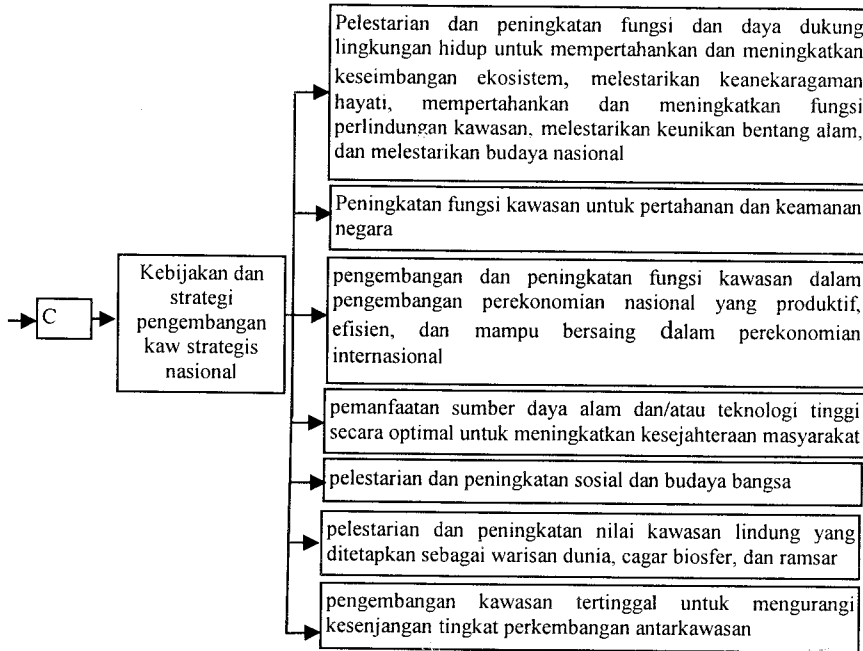
1. Tujuan, kebijakan, dan strategi penataan ruang wilayah nasional.
2. Rencana struktur ruang wilayah nasional yang meliputi sistem perkotaan nasional yang terkait dengan kawasan perdesaan dalam wilayah pelayanannya dan sistem jaringan prasarana utama.

3. Rencana pola ruang wilayah nasional yang meliputi kawasan lindung nasional dan kawasan budi daya yang memiliki nilai strategis nasional.
4. Penetapan kawasan strategis nasional.
5. Arahan pemanfaatan ruang yang berisi indikasi program utama jangka menengah lima tahunan.
6. Arahan pengendalian pemanfaatan ruang wilayah nasional yang berisi indikasi arahan peraturan zonasi sistem nasional, arahan perizinan, arahan insentif dan disinsentif, serta arahan sanksi.

Secara lebih detail masing-masing muatan RTRWN adalah:

Tujuan, kebijakan, dan strategi penataan ruang wilayah nasional.

- Tujuan penataan ruang wilayah nasional mencerminkan keterpaduan pembangunan antarsektor, antarwilayah, dan antarpemangku kepentingan.
- Kebijakan dan strategi penataan ruang wilayah nasional merupakan landasan bagi pembangunan nasional yang memanfaatkan ruang. Kebijakan dan strategi tersebut dirumuskan dengan mempertimbangkan ilmu pengetahuan dan teknologi, ketersediaan data dan informasi, serta pembiayaan pembangunan. Kebijakan dan strategi juga antara lain, dimaksudkan untuk meningkatkan daya saing nasional dalam menghadapi tantangan global, serta mewujudkan Wawasan Nusantara dan Ketahanan Nasional.

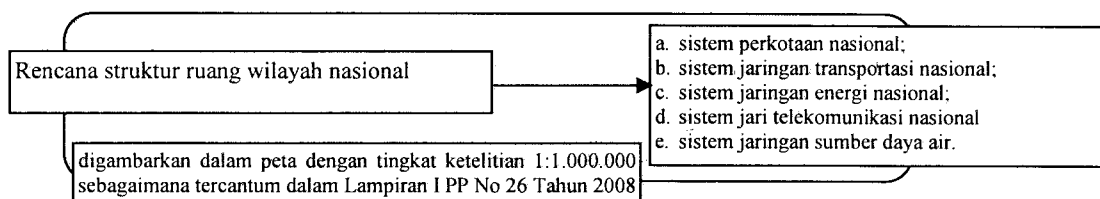
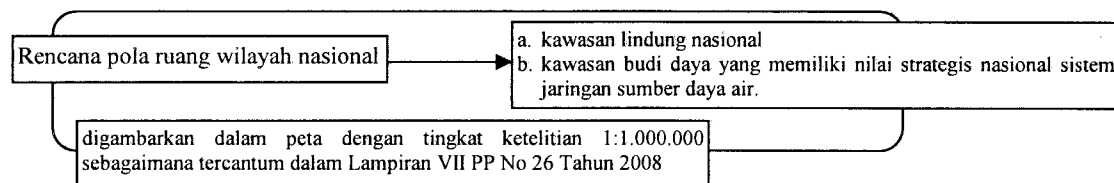
Secara diagram kebijakan dan strategi RTRWN dapat dilihat dalam Gambar 9-24.

a. kebijakan dan strategi penataan ruang wilayah nasional

b. Kebijakan dan strategi pengembangan kawasan lindung

c. Kebijakan dan strategi pengembangan kawasan budi daya

d. Kebijakan dan strategi pengembangan kaw strategis nasional

Gambar 9-24. Kebijakan dan strategi RTRWN (PP No 26 Tahun 2008)

Rencana struktur ruang wilayah nasional yang meliputi sistem perkotaan nasional yang terkait dengan kawasan perdesaan dalam wilayah pelayanannya dan sistem jaringan prasarana utama.

Sistem perkotaan nasional dibentuk dari kawasan perkotaan dengan skala pelayanan yang berhierarki yang meliputi pusat kegiatan skala nasional, pusat kegiatan skala wilayah, dan pusat kegiatan skala lokal. Pusat kegiatan tersebut didukung dan dilengkapi dengan jaringan prasarana wilayah yang tingkat pelayanannya disesuaikan dengan hierarki kegiatan dan kebutuhan pelayanan.

Jaringan prasarana utama merupakan sistem primer yang dikembangkan untuk mengintegrasikan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia selain untuk melayani kegiatan berskala nasional yang meliputi sistem jaringan transportasi, sistem jaringan energi dan kelistrikan, sistem jaringan telekomunikasi, dan sistem jaringan sumber daya air.

Yang termasuk dalam sistem jaringan primer yang direncanakan adalah jaringan transportasi untuk menyediakan Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) bagi lalu lintas damai sesuai dengan ketentuan hukum internasional.

Rencana pola ruang wilayah nasional yang meliputi kawasan lindung nasional dan kawasan budi daya yang memiliki nilai strategis nasional.

Pola ruang wilayah nasional merupakan gambaran pemanfaatan ruang wilayah nasional, baik untuk pemanfaatan yang berfungsi lindung maupun budi daya yang bersifat strategis nasional, yang ditinjau dari berbagai sudut pandang akan lebih berdaya guna dan berhasil guna dalam mendukung pencapaian tujuan pembangunan nasional.

Kawasan lindung nasional, antara lain, adalah kawasan lindung yang secara ekologis merupakan satu ekosistem yang terletak lebih dari satu wilayah provinsi, kawasan lindung yang memberikan pelindungan terhadap kawasan bawahannya yang terletak di wilayah provinsi lain, kawasan lindung yang dimaksudkan untuk melindungi warisan kebudayaan nasional, kawasan hulu daerah aliran sungai suatu bendungan atau waduk, dan kawasan-kawasan lindung lain yang menurut peraturan perundang-undangan pengelolaannya merupakan kewenangan Pemerintah.

Kawasan lindung nasional adalah kawasan yang tidak diperkenankan dan/atau dibatasi pemanfaatan ruangnya dengan fungsi utama untuk melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup SD Alam dan SD buatan, warisan budaya dan sejarah, serta untuk mengurangi dampak dari bencana alam.

Kawasan budi daya yang mempunyai nilai strategis nasional, antara lain, adalah kawasan yang dikembangkan untuk mendukung fungsi pertahanan dan keamanan nasional, kawasan industri strategis, kawasan pertambangan sumber daya alam strategis, kawasan perkotaan metropolitan, dan kawasan-kawasan budi daya lain yang menurut peraturan perundang-undangan perizinan dan/atau pengelolaannya merupakan kewenangan Pemerintah.

Penetapan kawasan strategis nasional. Yang termasuk kawasan strategis nasional adalah kawasan yang menurut peraturan perundang-undangan ditetapkan sebagai kawasan khusus.

Arahan pemanfaatan ruang yang berisi indikasi program utama jangka menengah lima tahunan.

- Indikasi program utama merupakan petunjuk yang memuat usulan program utama, perkiraan pendanaan beserta sumbernya, instansi pelaksana, dan waktu pelaksanaan dalam rangka mewujudkan pemanfaatan ruang yang sesuai dengan rencana tata ruang.

- Indikasi program utama merupakan acuan utama dalam penyusunan program pemanfaatan ruang yang merupakan kunci dalam pencapaian tujuan penataan ruang, serta acuan sektor dalam menyusun rencana strategis beserta besaran investasi.
- Indikasi program utama lima tahunan disusun untuk jangka waktu rencana 20 (dua puluh) tahun.

Arahan pengendalian pemanfaatan ruang wilayah nasional yang berisi indikasi arahan peraturan zonasi sistem nasional, arahan perizinan, arahan insentif dan disinsentif, serta arahan sanksi.

RTRWN menjadi acuan bagi instansi pemerintah tingkat pusat dan daerah serta masyarakat untuk mengarahkan lokasi dan memanfaatkan ruang dalam menyusun program pembangunan yang berkaitan dengan pemanfaatan ruang. RTRWN juga menjadi pedoman untuk:

1. penyusunan rencana pembangunan jangka panjang nasional
2. penyusunan rencana pembangunan jangka menengah nasional
3. pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang di wilayah nasional
4. mewujudkan keterpaduan, keterkaitan, dan keseimbangan perkembangan antarwilayah provinsi, serta keserasian antarsektor
5. penetapan lokasi dan fungsi ruang untuk investasi
6. penataan ruang kawasan strategis nasional
7. penataan ruang wilayah provinsi dan kabupaten/kota.

Rencana tata ruang disusun untuk jangka waktu 20 tahun dengan visi yang lebih jauh ke depan yang merupakan matra spasial dari rencana pembangunan jangka panjang dan ditinjau kembali 1 kali dalam 5 tahun. Peninjauan kembali rencana tata ruang merupakan upaya untuk melihat kesesuaian antara rencana tata ruang dan kebutuhan pembangunan yang memperhatikan perkembangan lingkungan strategis dan dinamika internal, serta pelaksanaan pemanfaatan ruang.

Hasil peninjauan kembali RTRWN berisi rekomendasi tindak lanjut sebagai berikut:

- perlu dilakukan revisi karena ada perubahan kebijakan nasional yang mempengaruhi pemanfaatan ruang akibat perkembangan teknologi dan/atau keadaan yang bersifat mendasar.
- tidak perlu dilakukan revisi karena tidak ada perubahan kebijakan nasional yang mempengaruhi pemanfaatan ruang akibat perkembangan teknologi dan keadaan yang bersifat mendasar.

Apabila jangka waktu 20 (dua puluh) tahun rencana tata ruang berakhir, dalam penyusunan rencana tata ruang yang baru, hak yang telah dimiliki orang yang jangka waktunya melebihi jangka waktu rencana tata ruang tetap diakui.
Dalam kondisi lingkungan strategis tertentu yang berkaitan dengan bencana alam skala besar yang ditetapkan dengan peraturan perundang-undangan dan/atau perubahan batas teritorial negara yang ditetapkan dengan UU, RTRWN ditinjau kembali lebih dari 1 (satu) kali dalam 5 (lima) tahun. Keadaan yang bersifat mendasar, antara lain, berkaitan dengan bencana alam skala besar, perkembangan ekonomi, perubahan batas teritorial negara yang ditetapkan dengan peraturan perundang-undangan. Peninjauan kembali dan revisi RTRWN dilakukan bukan untuk pemutihan penyimpangan pemanfaatan ruang.

Rencana rinci tata ruang nasional yang merupakan rencana tata ruang pulau/kepulauan dan rencana tata ruang kawasan strategis nasional diatur dengan Peraturan Presiden. Sedangkan, muatan, pedoman, dan tata cara penyusunannya diatur dengan Peraturan Menteri.

9.6.2.4 Perencanaan Tata Ruang Wilayah Provinsi (RTRWP)

Penyusunan RTRWP mengacu:

- RTRWN
- Pedoman bidang penataan ruang
- Rencana pembangunan jangka panjang daerah.

Penyusunan RTRWP harus memperhatikan:

- Perkembangan permasalahan nasional dan hasil pengkajian implikasi penataan ruang provinsi
- Upaya pemerataan pembangunan dan pertumbuhan ekonomi provinsi
- Keselarasan aspirasi pembangunan provinsi dan pembangunan kabupaten/kota
- Daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup
- Rencana pembangunan jangka panjang daerah
- RTRWP yang berbatasan
- Rencana tata ruang kawasan strategis provinsi
- RTRW kabupaten/kota.

Muatan RTRWP adalah:

- Tujuan, kebijakan, dan strategi penataan ruang wilayah provinsi
- Rencana struktur ruang wilayah provinsi yang meliputi sistem perkotaan dalam wilayahnya yang berkaitan dengan kawasan perdesaan dalam wilayah pelayanannya dan sistem jaringan prasarana wilayah provinsi. Rencana struktur ruang wilayah provinsi merupakan arahan pewujudan sistem perkotaan dalam wilayah provinsi dan jaringan prasarana wilayah provinsi yang dikembangkan untuk mengintegrasikan wilayah provinsi selain untuk melayani kegiatan skala provinsi yang meliputi sistem jaringan transportasi, sistem jaringan energi dan kelistrikan, sistem jaringan telekomunikasi, dan sistem jaringan sumber daya air, termasuk seluruh daerah hulu bendungan/waduk dari daerah aliran sungai. Dalam RTRWP digambarkan sistem perkotaan dalam wilayah provinsi dan peletakan jaringan prasarana wilayah yang menurut peraturan perundang-undangan pengembangan dan pengelolaannya merupakan kewenangan pemerintah daerah provinsi dengan sepenuhnya memperhatikan struktur ruang yang telah ditetapkan dalam Kota. Rencana struktur ruang wilayah provinsi memuat rencana struktur ruang yang ditetapkan dalam Kota.
- rencana pola ruang wilayah provinsi yang meliputi kawasan lindung dan kawasan budi daya yang memiliki nilai strategis provinsi. Pola ruang wilayah provinsi merupakan gambaran pemanfaatan ruang wilayah provinsi, baik untuk pemanfaatan yang berfungsi lindung maupun budi daya, yang ditinjau dari berbagai sudut pandang akan lebih berdaya guna dan berhasil guna dalam mendukung pencapaian tujuan pembangunan provinsi apabila dikelola oleh pemerintah daerah provinsi dengan sepenuhnya memperhatikan pola ruang yang telah ditetapkan dalam RTRWN. Kawasan lindung provinsi adalah kawasan lindung yang secara ekologis merupakan satu ekosistem yang terletak lebih dari satu wilayah kabupaten/kota, kawasan lindung yang memberikan pelindungan terhadap kawasan bawahannya yang terletak di wilayah kabupaten/kota lain, dan kawasan-kawasan lindung lain yang menurut ketentuan peraturan perundang-undangan pengelolaannya merupakan kewenangan pemerintah daerah provinsi. Kawasan budi daya yang mempunyai nilai strategis provinsi merupakan kawasan budi daya yang dipandang sangat penting bagi upaya pencapaian pembangunan provinsi dan/atau menurut peraturan perundang-undangan perizinan dan/atau pengelolaannya merupakan kewenangan pemerintah daerah provinsi. Kawasan budi daya yang memiliki nilai strategis provinsi dapat berupa kawasan permukiman,

kawasan kehutanan, kawasan pertanian, kawasan pertambangan, kawasan perindustrian, dan kawasan pariwisata. Rencana pola ruang wilayah Kab memuat rencana pola ruang yang ditetapkan dalam Kota.

- Penetapan kawasan strategis provinsi.
- Arahan pemanfaatan ruang wilayah provinsi yang berisi indikasi program utama jangka menengah lima tahunan. Indikasi program utama adalah petunjuk yang memuat usulan program utama, perkiraan pendanaan beserta sumbernya, instansi pelaksana, dan waktu pelaksanaan, dalam rangka mewujudkan pemanfaatan ruang yang sesuai dengan rencana tata ruang. Indikasi program utama merupakan acuan utama dalam penyusunan program pemanfaatan ruang yang merupakan kunci dalam pencapaian tujuan penataan ruang, serta acuan sektor dalam menyusun rencana strategis beserta besaran investasi. Indikasi program utama lima tahunan disusun untuk jangka waktu rencana 20 (dua puluh) tahun.
- Arahan pengendalian pemanfaatan ruang wilayah provinsi yang berisi indikasi arahan peraturan zonasi sistem provinsi, arahan perizinan, arahan insentif dan disinsentif, serta arahan sanksi.

RTRWP menjadi pedoman untuk:

- penyusunan rencana pembangunan jangka panjang daerah.
- penyusunan rencana pembangunan jangka menengah daerah.
- pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang dalam wilayah provinsi.
- mewujudkan keterpaduan, keterkaitan, dan keseimbangan perkembangan antarwilayah kabupaten/kota, serta keserasian antarsektor.
- penetapan lokasi dan fungsi ruang untuk investasi.
- penataan ruang kawasan strategis provinsi.
- penataan ruang wilayah kabupaten/kota.
- RTRWP menjadi acuan bagi instansi pemerintah daerah serta masyarakat untuk mengarahkan lokasi dan memanfaatkan ruang dalam menyusun program pembangunan yang berkaitan dengan pemanfaatan ruang di daerah yang bersangkutan. Selain itu, rencana tersebut menjadi dasar dalam memberikan rekomendasi pengarahan pemanfaatan ruang.
- RTRWP dan rencana pembangunan jangka panjang provinsi serta rencana pembangunan jangka menengah provinsi merupakan kebijakan daerah yang saling mengacu.
- RTRWP disusun untuk jangka waktu 20 (dua puluh) tahun dengan visi yang lebih jauh ke depan yang merupakan matra spasial dari rencana pembangunan jangka panjang daerah. Apabila jangka waktu 20 (dua puluh) tahun rencana tata ruang berakhir, maka dalam penyusunan rencana tata ruang yang baru hak yang telah dimiliki orang yang jangka waktunya melebihi jangka waktu rencana tata ruang tetap diakui.
- RTRWP ditinjau kembali 1 (satu) kali dalam 5 (lima) tahun. Peninjauan ini merupakan upaya untuk melihat kesesuaian antara rencana tata ruang dan kebutuhan pembangunan yang memperhatikan perkembangan lingkungan strategis dan dinamika internal, serta pelaksanaan pemanfaatan ruang. Hasil peninjauan kembali RTRWP berisi rekomendasi tindak lanjut sebagai berikut:
- perlu dilakukan revisi karena adanya perubahan kebijakan dan strategi nasional yang mempengaruhi pemanfaatan ruang wilayah provinsi dan/atau terjadi dinamika internal provinsi yang mempengaruhi pemanfaatan ruang provinsi secara mendasar.
- tidak perlu dilakukan revisi karena tidak ada perubahan kebijakan dan strategi nasional dan tidak terjadi dinamika internal provinsi yang mempengaruhi pemanfaatan ruang provinsi secara mendasar, antara lain, berkaitan dengan bencana alam skala besar dan pemekaran wilayah provinsi dan kabupaten/kota yang ditetapkan dengan peraturan perundang-undangan.

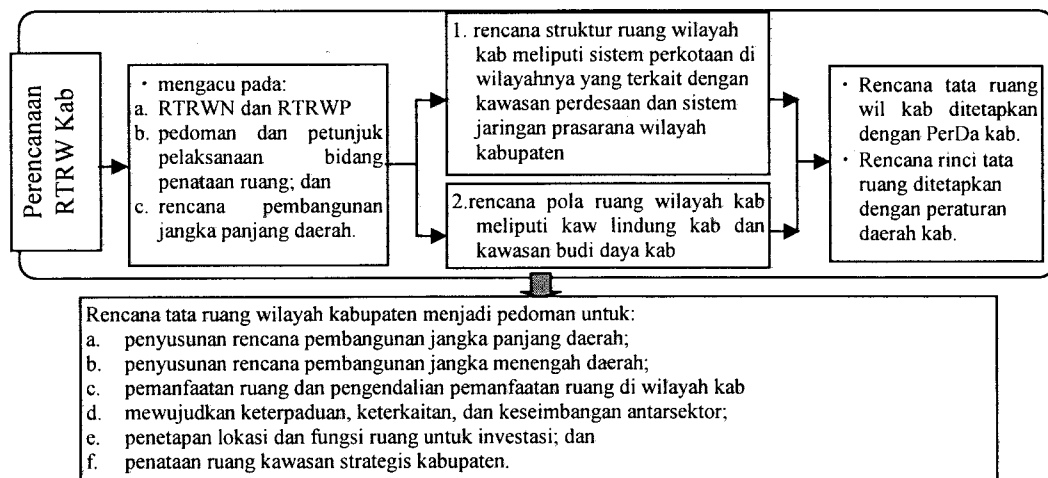
Peninjauan kembali dan revisi dalam waktu kurang dari 20 (dua puluh) tahun dilakukan apabila terjadi perubahan kebijakan nasional dan strategi yang mempengaruhi pemanfaatan ruang provinsi dan/atau dinamika internal provinsi yang tidak mengubah kebijakan dan strategi pemanfaatan ruang wilayah nasional.

Peninjauan kembali dan revisi RTRWP dilakukan bukan untuk pemutihan penyimpangan pemanfaatan ruang.

Dalam kondisi lingkungan strategis tertentu yang berkaitan dengan bencana alam skala besar yang ditetapkan dengan peraturan perundang-undangan dan/atau perubahan batas teritorial negara dan/atau wilayah provinsi yang ditetapkan dengan Undang-Undang, RTRWP ditinjau kembali lebih dari 1 (satu) kali dalam 5 (lima) tahun dan ditetapkan dengan peraturan daerah provinsi.

Rencana rinci tata ruang provinsi yang merupakan rencana tata ruang kawasan strategis provinsi ditetapkan dengan peraturan daerah provinsi. Sedangkan ketentuan mengenai muatan, pedoman, dan tata cara penyusunan rencana rinci tata ruang provinsidiatur dengan Peraturan Menteri.

9.6.2.5 Perencanaan Tata Ruang Wilayah Kabupaten (RTRW Kab)

Perencanaan Tata Ruang ditunjukkan dalam Gambar 9-25.

Gambar 9-25. Perencanaan Tata Ruang

Penyusunan RTRW Kab mengacu pada:
- RTRWN dan RTRWP
- Pedoman dan petunjuk pelaksanaan bidang penataan ruang
- Rencana pembangunan jangka panjang daerah.

Penyusunan RTRW Kab harus memperhatikan:
- Perkembangan permasalahan provinsi dan hasil pengkajian implikasi penataan ruang kabupaten.
- Upaya pemerataan pembangunan dan pertumbuhan ekonomi kabupaten.

- Keselarasan aspirasi pembangunan kabupaten.
- Daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup. Daya dukung dan daya tampung wilayah kabupaten diatur berdasarkan peraturan perundang-undangan yang penyusunannya dikoordinasikan oleh menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan dalam bidang lingkungan hidup.
- Rencana pembangunan jangka panjang daerah.
- RTRW Kab/Kota yang berbatasan.
- Rencana tata ruang kawasan strategis kabupaten.

Muatan RTRW Kab adalah:

- Tujuan, kebijakan, dan strategi penataan ruang wilayah kabupaten.
- Rencana struktur ruang wilayah kabupaten yang meliputi sistem perkotaan di wilayahnya yang terkait dengan kawasan perdesaan dan sistem jaringan prasarana wilayah kabupaten. Struktur ruang wilayah kabupaten merupakan gambaran sistem perkotaan wilayah kabupaten dan jaringan prasarana wilayah kabupaten yang dikembangkan untuk mengintegrasikan wilayah kabupaten selain untuk melayani kegiatan skala kabupaten yang meliputi sistem jaringan transportasi, sistem jaringan energi dan kelistrikan, sistem jaringan telekomunikasi, dan sistem jaringan sumber daya air, termasuk seluruh daerah hulu bendungan atau waduk dari daerah aliran sungai. Dalam RTRW Kab digambarkan sistem pusat kegiatan wilayah kabupaten dan perletakan jaringan prasarana wilayah yang menurut ketentuan peraturan perundang-undangan pengembangan dan pengelolaannya merupakan kewenangan demerintah daerah kabupaten. Rencana struktur ruang wilayah kabupaten memuat rencana struktur ruang yang ditetapkan dalam kabupaten dan RTRWP yang terkait dengan wilayah kabupaten yang bersangkutan.
- Rencana pola ruang wilayah kabupaten yang meliputi kawasan lindung kabupaten dan kawasan budi daya kabupaten. Pola ruang wilayah kabupaten merupakan gambaran pemanfaatan ruang wilayah kabupaten, baik untuk pemanfaatan yang berfungsi lindung maupun budi daya yang belum ditetapkan dalam RTRWN dan RTRWP. Pola ruang wilayah kabupaten dikembangkan dengan sepenuhnya memperhatikan pola ruang wilayah yang ditetapkan dalam RTRWN dan RTRWP. Rencana pola ruang wilayah Kabupaten memuat rencana pola ruang yang ditetapkan dalam RTRWN dan RTRWP yang terkait dengan wilayah kabupaten yang bersangkutan.
- Penetapan kawasan strategis kabupaten.
- Arahan pemanfaatan ruang wilayah kabupaten yang berisi indikasi program utama jangka menengah lima tahunan.
- Ketentuan pengendalian pemanfaatan ruang wilayah kabupaten yang berisi ketentuan umum peraturan zonasi, ketentuan perizinan, ketentuan insentif dan disinsentif, serta arahan sanksi.

RTRW Kab menjadi pedoman untuk:

- Penyusunan rencana pembangunan jangka panjang daerah
- Penyusunan rencana pembangunan jangka menengah daerah
- Pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang di wilayah kabupaten
- Mewujudkan keterpaduan, keterkaitan, dan keseimbangan antarsektor
- Penetapan lokasi dan fungsi ruang untuk investasi
- Penataan ruang kawasan strategis kabupaten.

RTRW Kab menjadi pedoman bagi Pemerintah daerah untuk menetapkan lokasi kegiatan pembangunan dalam memanfaatkan ruang serta dalam menyusun program pembangunan yang berkaitan dengan pemanfaatan ruang di daerah tersebut dan sekaligus menjadi dasar dalam pemberian rekomendasi

pengarahan pemanfaatan ruang, sehingga pemanfaatan ruang dalam pelaksanaan pembangunan selalu sesuai dengan RTRW Kab.

Rencana tata ruang kawasan perdesaan merupakan bagian dari RTRW Kab yang dapat disusun sebagai instrumen pemanfaatan ruang untuk mengoptimalkan kegiatan pertanian yang dapat berbentuk kawasan agropolitan.

RTRW Kab dan rencana pembangunan jangka panjang daerah merupakan kebijakan daerah yang saling mengacu. Penyusunan RTRW Kab mengacu pada rencana pembangunan jangka panjang kabupaten begitu juga sebaliknya.

RTRW Kab menjadi dasar untuk penerbitan perizinan lokasi pembangunan dan administrasi pertanahan.

Jangka waktu RTRW Kab adalah 20 (dua puluh) tahun dan ditinjau kembali 1 (satu) kali dalam 5 (lima) tahun. Peninjauan kembali rencana tata ruang merupakan upaya untuk melihat kesesuaian antara rencana tata ruang dan kebutuhan pembangunan yang memperhatikan perkembangan lingkungan strategis dan dinamika internal serta pelaksanaan pemanfaatan ruang.

Hasil peninjauan kembali RTRW Kab berisi rekomendasi tindak lanjut sebagai berikut:

- Perlu dilakukan revisi karena adanya perubahan kebijakan dan strategi nasional dan/atau provinsi yang mempengaruhi pemanfaatan ruang wilayah kabupaten dan/atau terjadi dinamika internal kabupaten yang mempengaruhi pemanfaatan ruang kabupaten secara mendasar.
- Tidak perlu dilakukan revisi karena tidak ada perubahan kebijakan dan strategi nasional dan/atau provinsi dan tidak terjadi dinamika internal kabupaten yang mempengaruhi pemanfaatan ruang kabupaten secara mendasar.
- Peninjauan kembali dan revisi dalam waktu kurang dari 10 (sepuluh) tahun dilakukan apabila strategi pemanfaatan ruang dan struktur ruang wilayah kota yang bersangkutan menuntut adanya suatu perubahan yang mendasar sebagai akibat dari penjabaran kota dan/atau RTRWP dan dinamika pembangunan di wilayah kabupaten yang bersangkutan.
- Peninjauan kembali dan revisi RTRW Kab dilakukan bukan untuk pemutihan penyimpangan pemanfaatan ruang.
- Dalam kondisi lingkungan strategis tertentu yang berkaitan dengan bencana alam skala besar yang ditetapkan dengan peraturan perundang-undangan dan/atau perubahan batas teritorial negara, wilayah provinsi, dan/atau wilayah kabupaten yang ditetapkan dengan Undang-Undang, RTRW Kab ditinjau kembali lebih dari 1 (satu) kali dalam 5 (lima) tahun.

RTRW Kab ditetapkan dengan peraturan daerah kabupaten.

Rencana rinci tata ruang yang merupakan rencana detail tata ruang kabupaten/kota dan rencana tata ruang kawasan strategis kabupaten ditetapkan dengan peraturan daerah kabupaten. Ketentuan mengenai muatan, pedoman, dan tata cara penyusunan rencana rinci tata ruang diatur dengan peraturan Menteri.

9.6.2.6 Perencanaan Tata Ruang Wilayah Kota (RTRWK)

Penyusunan RTRWK mengacu pada:

- RTRWN dan RTRWP.
- Pedoman dan petunjuk pelaksanaan bidang penataan ruang.

- Rencana pembangunan jangka panjang daerah.

Penyusunan RTRWK harus memperhatikan:

- Perkembangan permasalahan provinsi dan hasil pengkajian implikasi penataan ruang kota.
- Upaya pemerataan pembangunan dan pertumbuhan ekonomi kota.
- Keselarasan aspirasi pembangunan kota.
- Daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup. Daya dukung dan daya tampung wilayah kota diatur berdasarkan peraturan perundang-undangan yang penyusunannya dikoordinasikan oleh menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan dalam bidang lingkungan hidup
- Rencana pembangunan jangka panjang daerah.
- RTRW Kab/RTRWK yang berbatasan
- Rencana tata ruang kawasan strategis kota.

Muatan RTRWK adalah:

1. Tujuan, kebijakan, dan strategi penataan ruang wilayah kota.
2. Rencana struktur ruang wilayah kota
   Meliputi sistem perkotaan di wilayahnya yang terkait dengan kawasan perdesaan dan sistem jaringan prasarana wilayah kota. Struktur ruang wilayah kota merupakan gambaran sistem perkotaan wilayah kota dan jaringan prasarana wilayah kota yang dikembangkan untuk mengintegrasikan wilayah kota selain untuk melayani kegiatan skala kota yang meliputi sistem jaringan transportasi, sistem jaringan energi dan kelistrikan, sistem jaringan telekomunikasi, dan sistem jaringan sumber daya air, termasuk seluruh daerah hulu bendungan atau waduk dari daerah aliran sungai. Dalam RTRWK digambarkan sistem pusat kegiatan wilayah kota dan perletakan jaringan prasarana wilayah yang menurut ketentuan peraturan perundang-undangan pengembangan dan pengelolaannya merupakan kewenangan demerintah daerah kota. Rencana struktur ruang wilayah kota memuat rencana struktur ruang yang ditetapkan dalam RTRWN dan RTRWP yang terkait dengan wilayah kota yang bersangkutan.
3. Rencana pola ruang wilayah kota
   Meliputi kawasan lindung kota dan kawasan budidaya kota. Pola ruang wilayah kota merupakan gambaran pemanfaatan ruang wilayah kota, baik untuk pemanfaatan yang berfungsi lindung maupun budi daya yang belum ditetapkan dalam RTRWN dan RTRWP. Pola ruang wilayah kota dikembangkan dengan sepenuhnya memperhatikan pola ruang wilayah yang ditetapkan dalam RTRWN dan RTRWP. Rencana pola ruang wilayah Kota memuat rencana pola ruang yang ditetapkan dalam RTRWN dan RTRWP yang terkait dengan wilayah kota yang bersangkutan.
4. Penetapan kawasan strategis kota.
5. Arahan pemanfaatan ruang wilayah kota yang berisi indikasi program utama jangka menengah lima tahunan.
6. Ketentuan pengendalian pemanfaatan ruang wilayah kota yang berisi ketentuan umum peraturan zonasi, ketentuan perizinan, ketentuan insentif dan disinsentif, serta arahan sanksi.
7. Rencana penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau.

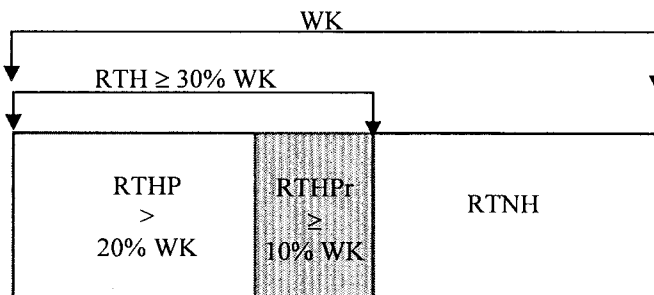
Ruang terbuka hijau terdiri dari ruang terbuka hijau publik dan ruang terbuka hijau privat. Ruang terbuka hijau publik merupakan ruang terbuka hijau yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah kota yang digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum. Yang termasuk ruang terbuka hijau publik, antara lain, adalah taman kota, taman pemakaman umum, dan jalur hijau

sepanjang jalan, sungai, dan pantai. Yang termasuk ruang terbuka hijau privat, antara lain, adalah kebun atau halaman rumah/gedung milik masyarakat/swasta yang ditanami tumbuhan.

Proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah kota paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas wilayah kota. Proporsi 30 (tiga puluh) persen merupakan ukuran minimal untuk menjamin keseimbangan ekosistem kota, baik keseimbangan sistem hidrologi dan sistem mikroklimat, maupun sistem ekologis lain, yang selanjutnya akan meningkatkan ketersediaan udara bersih yang diperlukan masyarakat, serta sekaligus dapat meningkatkan nilai estetika kota. Untuk lebih meningkatkan fungsi dan proporsi ruang terbuka hijau di kota, pemerintah, masyarakat, dan swasta didorong untuk menanam tumbuhan di atas bangunan gedung miliknya.

Proporsi ruang terbuka hijau publik pada wilayah kota paling sedikit 20 (dua puluh) persen dari luas wilayah kota. Proporsi ruang terbuka hijau publik seluas minimal 20 (dua puluh) persen yang disediakan oleh pemerintah daerah kota dimaksudkan agar proporsi ruang terbuka hijau minimal dapat lebih dijamin pencapaiannya sehingga memungkinkan pemanfaatannya secara luas oleh masyarakat.

Distribusi ruang terbuka hijau publik disesuaikan dengan sebaran penduduk dan hierarki pelayanan dengan memperhatikan rencana struktur dan pola ruang.

Secara skematis ruang terbuka ditunjukkan dalam Gambar 9-26.

RTNH : ruang terbuka non hijau
RTH : ruang terbuka hijau
RTHPr : ruang terbuka hijau privat
RTHP : ruang terbuka hijau publik
WK : wilayah Kota = RTH dan RTNH

Gambar 9-26. Ruang terbuka dalam tata ruang

Ketentuan lebih lanjut mengenai penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau dan ruang terbuka nonhijau diatur dengan Peraturan Menteri.

8. Rencana penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka nonhijau.
9. Rencana penyediaan dan pemanfaatan prasarana dan sarana jaringan pejalan kaki, angkutan umum, kegiatan sektor informal, dan ruang evakuasi bencana, yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi wilayah kota sebagai pusat pelayanan sosial ekonomi dan pusat pertumbuhan wilayah.

RTRWK menjadi pedoman untuk:

- Penyusunan rencana pembangunan jangka panjang daerah
- Penyusunan rencana pembangunan jangka menengah daerah

- Pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang di wilayah kota
- Mewujudkan keterpaduan, keterkaitan, dan keseimbangan antarsektor
- Penetapan lokasi dan fungsi ruang untuk investasi
- Penataan ruang kawasan strategis kota.

RTRWK menjadi pedoman bagi Pemerintah daerah untuk menetapkan lokasi kegiatan pembangunan dalam memanfaatkan ruang serta dalam menyusun program pembangunan yang berkaitan dengan pemanfaatan ruang di daerah tersebut dan sekaligus menjadi dasar dalam pemberian rekomendasi pengarahan pemanfaatan ruang, sehingga pemanfaatan ruang dalam pelaksanaan pembangunan selalu sesuai dengan RTRWK.

Rencana tata ruang kawasan perdesaan merupakan bagian dari RTRWK yang dapat disusun sebagai instrumen pemanfaatan ruang untuk mengoptimalkan kegiatan pertanian yang dapat berbentuk kawasan agropolitan.

RTRWK dan rencana pembangunan jangka panjang daerah merupakan kebijakan daerah yang saling mengacu. Penyusunan RTRWK mengacu pada rencana pembangunan jangka panjang kota begitu juga sebaliknya.

RTRWK menjadi dasar untuk penerbitan perizinan lokasi pembangunan dan administrasi pertanahan.

Jangka waktu RTRWK adalah 20 (dua puluh) tahun dan ditinjau kembali 1 (satu) kali dalam 5 (lima) tahun. Peninjauan kembali RTRWK merupakan upaya untuk melihat kesesuaian antara rencana tata ruang dan kebutuhan pembangunan yang memperhatikan perkembangan lingkungan strategis dan dinamika internal serta pelaksanaan pemanfaatan ruang.

Hasil peninjauan kembali RTRWK berisi rekomendasi tindak lanjut sebagai berikut:

- Perlu dilakukan revisi karena adanya perubahan kebijakan dan strategi nasional dan/atau provinsi yang mempengaruhi pemanfaatan ruang wilayah kota dan/atau terjadi dinamika internal kota yang mempengaruhi pemanfaatan ruang kota secara mendasar
- Tidak perlu dilakukan revisi karena tidak ada perubahan kebijakan dan strategi nasional dan/atau provinsi dan tidak terjadi dinamika internal kota yang mempengaruhi pemanfaatan ruang kota secara mendasar.

Peninjauan kembali dan revisi dalam waktu kurang dari 10 (sepuluh) tahun dilakukan apabila strategi pemanfaatan ruang dan struktur ruang wilayah kota yang bersangkutan menuntut adanya suatu perubahan yang mendasar sebagai akibat dari penjabaran RTRWN dan/atau RTRWP dan dinamika pembangunan di wilayah kota yang bersangkutan.

Peninjauan kembali dan revisi RTRWK dilakukan bukan untuk pemutihan penyimpangan pemanfaatan ruang. Dalam kondisi lingkungan strategis tertentu yang berkaitan dengan bencana alam skala besar yang ditetapkan dengan peraturan perundang-undangan dan/atau perubahan batas teritorial negara, wilayah provinsi, dan/atau wilayah kabupaten/kota yang ditetapkan dengan Undang-Undang, RTRWK ditinjau kembali lebih dari 1 (satu) kali dalam 5 (lima) tahun. RTRWK ditetapkan dengan peraturan daerah kota.

Rencana rinci tata ruang yang merupakan rencana detail tata ruang kota dan rencana tata ruang kawasan strategis kota ditetapkan dengan peraturan daerah kota. Ketentuan mengenai muatan, pedoman, dan tata cara penyusunan rencana rinci tata ruang diatur dengan peraturan Menteri.

9.6.3 Pemanfaatan Penataan Ruang

9.6.3.1 Umum

Pemanfaatan ruang dilakukan melalui pelaksanaan program pemanfaatan ruang beserta pembiayaannya. Pelaksanaan program pemanfaatan ruang merupakan aktivitas pembangunan, baik yang dilaksanakan oleh pemerintah maupun masyarakat untuk mewujudkan rencana tata ruang. Penyusunan program pemanfaatan ruang dilakukan berdasarkan indikasi program yang tertuang dalam rencana tata ruang dengan dilengkapi perkiraan pembiayaan.

Pemanfaatan ruang dapat dilaksanakan dengan pemanfaatan ruang, baik pemanfaatan ruang secara vertikal maupun pemanfaatan ruang di dalam bumi. Pemanfaatan ruang secara vertikal dan pemanfaatan ruang di dalam bumi dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan ruang dalam menampung kegiatan secara lebih intensif. Contoh pemanfaatan ruang secara vertikal misalnya berupa bangunan bertingkat, baik di atas tanah maupun di dalam bumi. Sementara itu, pemanfaatan ruang lainnya di dalam bumi, antara lain, untuk jaringan utilitas (jaringan transmisi listrik, jaringan telekomunikasi, jaringan pipa air bersih, dan jaringan gas, dan lain-lain) dan jaringan kereta api maupun jaringan jalan bawah tanah.

Program pemanfaatan ruang beserta pembiayaannya termasuk jabaran dari indikasi program utama yang termuat di dalam rencana tata ruang wilayah. Program pemanfaatan ruang dilaksanakan oleh seluruh pemangku kepentingan yang terkait.

Pemanfaatan ruang diselenggarakan secara bertahap sesuai dengan jangka waktu indikasi program utama pemanfaatan ruang yang ditetapkan dalam rencana tata ruang.

Pelaksanaan pemanfaatan ruang wilayah disinkronisasikan dengan pelaksanaan pemanfaatan ruang wilayah administratif sekitarnya. Pemanfaatan ruang dilaksanakan dengan memperhatikan standar pelayanan minimal dalam penyediaan sarana dan prasarana.

Pemanfaatan ruang mengacu pada fungsi ruang yang ditetapkan dalam rencana tata ruang dilaksanakan dengan mengembangkan penatagunaan tanah, penatagunaan air, penatagunaan udara, dan penatagunaan sumber daya alam lain. Yang dimaksud dengan penatagunaan tanah, penatagunaan air, penatagunaan udara, dan penatagunaan sumber daya alam lain, antara lain, adalah penguasaan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah, air, udara, dan sumber daya alam lain yang berwujud konsolidasi pemanfaatan tanah, air, udara, dan sumber daya alam lain melalui pengaturan yang terkait dengan pemanfaatan tanah, air, udara, dan sumber daya alam lain sebagai satu kesatuan sistem untuk kepentingan masyarakat secara adil. Dalam penatagunaan air, dikembangkan pola pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) yang melibatkan 2 (dua) atau lebih wilayah administrasi provinsi dan kabupaten/ kota serta untuk menghindari konflik antar daerah hulu dan hilir.

Dalam rangka pengembangan penatagunaan diselenggarakan kegiatan penyusunan dan penetapan neraca penatagunaan tanah, neraca penatagunaan sumber daya air, neraca penatagunaan udara, dan neraca penatagunaan sumber daya alam lain. Kegiatan penyusunan neraca penatagunaan tanah, neraca

penatagunaan sumber daya air, neraca penatagunaan udara, dan neraca penatagunaan sumber daya alam lain meliputi:

- Penyajian neraca perubahan penggunaan dan pemanfaatan tanah, sumber daya air, udara, dan sumber daya alam lain pada rencana tata ruang wilayah.
- Penyajian neraca kesesuaian penggunaan dan pemanfaatan tanah, sumber daya air, udara, dan sumber daya alam lain pada rencana tata ruang wilayah.
- Penyajian ketersediaan tanah, sumber daya air, udara, dan sumber daya alam lain dan penetapan prioritas penyediaannya pada rencana tata ruang wilayah.

Dalam penyusunan neraca penatagunaan tanah, neraca penatagunaan air, neraca penatagunaan udara, dan neraca penatagunaan sumber daya alam lain, diperhatikan faktor yang mempengaruhi ketersediaannya. Hal ini berarti penyusunan neraca penatagunaan sumber daya air memperhatikan, antara lain, faktor meteorologi, klimatologi, geofisika, dan ketersediaan prasarana sumber daya air, termasuk sistem jaringan drainase dan pengendalian banjir.

Penatagunaan tanah pada ruang yang direncanakan untuk pembangunan prasarana dan sarana bagi kepentingan umum memberikan hak prioritas pertama bagi Pemerintah dan pemerintah daerah untuk menerima pengalihan hak atas tanah dari pemegang hak atas tanah. Hak prioritas pertama bagi Pemerintah dan pemerintah daerah dimaksudkan agar dalam pelaksanaan pembangunan kepentingan umum yang sesuai dengan rencana tata ruang dapat dilaksanakan dengan proses pengadaan tanah yang mudah. Pembangunan bagi kepentingan umum yang dilaksanakan Pemerintah atau pemerintah daerah meliputi:

jalan umum dan jalan tol, rel kereta api (di atas tanah, di ruang atas tanah, ataupun di ruang bawah tanah), saluran air minum/air bersih, saluran pembuangan air dan sanitasi
waduk, bendungan, bendungan irigasi, dan bangunan pengairan lainnya
pelabuhan, bandar udara, stasiun kereta api, dan terminal
fasilitas keselamatan umum, seperti tanggul penanggulangan bahaya banjir, lahar, dan lain-lain bencana
tempat pembuangan sampah
cagar alam dan cagar budaya
pembangkit, transmisi, dan distribusi tenaga listrik.

Dalam pemanfaatan ruang pada ruang yang berfungsi lindung, diberikan prioritas pertama bagi Pemerintah dan pemerintah daerah untuk menerima pengalihan hak atas tanah dari pemegang hak atas tanah jika yang bersangkutan akan melepaskan haknya. Hak prioritas pertama bagi Pemerintah dan pemerintah daerah dimaksudkan agar pemerintah dapat menguasai tanah pada ruang yang berfungsi lindung untuk menjamin bahwa ruang tersebut tetap memiliki fungsi lindung.

Ketentuan lebih lanjut mengenai penatagunaan tanah, penatagunaan air, penatagunaan udara, dan penatagunaan sumber daya alam lainnya diatur dengan Peraturan Pemerintah.

9.6.3.2 Pemanfaatan Ruang Wilayah

Dalam pemanfaatan ruang wilayah nasional, provinsi, dan kabupaten/ kota dilakukan:

- perumusan kebijakan strategis operasionalisasi rencana tata ruang wilayah dan rencana tata ruang kawasan strategis. Dalam rangka pelaksanaannya ditetapkan kawasan budi daya yang dikendalikan dan kawasan budi daya yang didorong pengembangannya

- perumusan program sektoral dalam rangka perwujudan struktur ruang dan pola ruang wilayah dan kawasan strategis. Program sektoral dalam pemanfaatan ruang mencakup pula program pemulihan kawasan pertambangan setelah berakhirnya masa penambangan agar tingkat kesejahteraan masyarakat dan kondisi lingkungan hidup tidak mengalami penurunan.
- Pelaksanaan pembangunan sesuai dengan program pemanfaatan ruang wilayah dan kawasan strategis.

Dalam rangka pelaksanaan kebijakan strategis operasionalisasi RTRW dan rencana tata ruang kawasan strategis ditetapkan kawasan budi daya yang dikendalikan dan kawasan budi daya yang didorong pengembangannya. Untuk mengendalikan perkembangan kawasan budi daya yang dikendalikan pengembangannya, diterapkan mekanisme disinsentif secara ketat, sedangkan untuk mendorong perkembangan kawasan yang didorong pengembangannya diterapkan mekanisme insentif.

Pelaksanaan pembangunan dilaksanakan melalui pengembangan kawasan secara terpadu. Pengembangan kawasan secara terpadu dilaksanakan, antara lain, melalui penerapan kawasan siap bangun, lingkungan siap bangun yang berdiri sendiri, konsolidasi tanah, serta rehabilitasi dan revitalisasi kawasan.

Pemanfaatan ruang dilaksanakan sesuai dengan:

- Standar pelayanan minimal bidang penataan ruang
- Standar kualitas lingkungan. Yang dimaksud dengan standar kualitas lingkungan, antara lain, adalah baku mutu lingkungan dan ketentuan pemanfaatan ruang yang berkaitan dengan ambang batas pencemaran udara, ambang batas pencemaran air, dan ambang batas tingkat kebisingan. Agar standar kualitas ruang dapat dipenuhi dalam pemanfaatan ruang, biaya yang dibutuhkan untuk mengatasi dampak negatif kegiatan pemanfataan ruang diperhitungkan sebagai biaya pelaksanaan kegiatan. Dengan demikian, kegiatan seperti penambangan sumber daya alam dapat dilaksanakan sejauh biaya pelaksanaan kegiatan tersebut telah memperhitungkan biaya untuk mengatasi seluruh dampak negatif yang ditimbulkan sehingga standar kualitas lingkungan dapat tetap dipenuhi. Penerapan kualitas lingkungan disesuaikan dengan jenis pemanfaatan ruang sehingga standar kualitas lingkungan di kawasan perumahan akan berbeda dengan standar kualitas lingkungan di kawasan industri.
- Daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.

9.6.4 Pengendalian Pemanfaatan Ruang

Pengendalian pemanfaatan ruang dilakukan melalui:

- penetapan peraturan zonasi
- perizinan
- pemberian insentif dan disinsentif
- pengenaan sanksi.

Pengendalian pemanfaatan ruang dimaksudkan agar pemanfaatan ruang dilakukan sesuai dengan rencana tata ruang.

Peraturan zonasi disusun sebagai pedoman pengendalian pemanfaatan ruang. Peraturan zonasi merupakan ketentuan yang mengatur pemanfaatan ruang dan unsur-unsur pengendalian yang disusun untuk setiap zona peruntukan sesuai dengan rencana rinci tata ruang. Peraturan zonasi berisi ketentuan yang harus, boleh, dan tidak boleh dilaksanakan pada zona pemanfaatan ruang yang dapat terdiri atas ketentuan tentang amplop ruang (koefisien dasar ruang hijau, koefisien dasar bangunan, koefisien lantai

bangunan, dan garis sempadan bangunan), penyediaan sarana dan prasarana, serta ketentuan lain yang dibutuhkan untuk mewujudkan ruang yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan. Ketentuan lain yang dibutuhkan, antara lain, adalah ketentuan pemanfaatan ruang yang terkait dengan keselamatan penerbangan, pembangunan pemancar alat komunikasi, dan pembangunan jaringan listrik tegangan tinggi.

Peraturan zonasi disusun berdasarkan rencana rinci tata ruang untuk setiap zona pemanfaatan ruang.

Peraturan zonasi ditetapkan dengan:
- Peraturan Pemerintah untuk arahan peraturan zonasi sistem nasional.
- Peraturan Daerah Provinsi untuk arahan peraturan zonasi sistem provinsi.
- Peraturan Daerah Kabupaten/Kota untuk peraturan zonasi.

Yang dimaksud dengan perizinan adalah perizinan yang terkait dengan izin pemanfaatan ruang yang menurut ketentuan peraturan perundang-undangan harus dimiliki sebelum pelaksanaan pemanfaatan ruang. Izin dimaksud adalah izin lokasi/fungsi ruang, amplop ruang, dan kualitas ruang.
Ketentuan perizinan diatur oleh Pemerintah dan Pemerintah Daerah menurut kewenangan masing-masing sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Izin pemanfaatan ruang yang tidak sesuai dengan rencana tata ruang wilayah dibatalkan oleh Pemerintah dan pemerintah daerah menurut kewenangan masing-masing sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Izin pemanfaatan ruang yang dikeluarkan dan/atau diperoleh dengan tidak melalui prosedur yang benar, batal demi hukum.

Izin pemanfaatan ruang yang diperoleh melalui prosedur yang benar tetapi kemudian terbukti tidak sesuai dengan rencana tata ruang wilayah, dibatalkan oleh Pemerintah dan pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya.

Terhadap kerugian yang ditimbulkan akibat pembatalan izin dapat dimintakan penggantian yang layak kepada instansi pemberi izin.

Izin pemanfaatan ruang yang tidak sesuai lagi akibat adanya perubahan rencana tata ruang wilayah dapat dibatalkan oleh Pemerintah dan pemerintah daerah dengan memberikan ganti kerugian yang layak.

Setiap pejabat pemerintah yang berwenang menerbitkan izin pemanfaatan ruang dilarang menerbitkan izin yang tidak sesuai dengan rencana tata ruang.

Ketentuan lebih lanjut mengenai prosedur perolehan izin dan tata cara penggantian yang layak diatur dengan Peraturan Pemerintah.

Penerapan insentif atau disinsentif secara terpisah dilakukan untuk perizinan skala kecil/individual sesuai dengan peraturan zonasi, sedangkan penerapan insentif dan disinsentif secara bersamaan diberikan untuk perizinan skala besar/kawasan karena dalam skala besar/kawasan dimungkinkan adanya pemanfaatan ruang yang dikendalikan dan didorong pengembangannya secara bersamaan.

Dalam pelaksanaan pemanfaatan ruang agar pemanfaatan ruang sesuai dengan rencana tata ruang wilayah dapat diberikan insentif dan/atau disinsentif oleh Pemerintah dan Pemerintah Daerah.

Insentif yang merupakan perangkat atau upaya untuk memberikan imbalan terhadap pelaksanaan kegiatan yang sejalan dengan rencana tata ruang, berupa:

- keringanan pajak, pemberian kompensasi, subsidi silang, imbalan, sewa ruang, dan urun saham
- pembangunan serta pengadaan infrastruktur.
- kemudahan prosedur perizinan
- pemberian penghargaan kepada masyarakat, swasta dan/atau pemerintah daerah.
- Disinsentif berupa pengenaan pajak yang tinggi dapat dikenakan untuk pemanfaatan ruang yang tidak sesuai rencana tata ruang melalui penetapan nilai jual objek pajak (NJOP) dan nilai jual kena pajak (NJKP) sehingga pemanfaat ruang membayar pajak lebih tinggi.
- Disinsentif yang merupakan perangkat untuk mencegah, membatasi pertumbuhan, atau mengurangi kegiatan yang tidak sejalan dengan rencana tata ruang, berupa:
- Pengenaan pajak yang tinggi yang disesuaikan dengan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk mengatasi dampak yang ditimbulkan akibat pemanfaatan ruang.
- Pembatasan penyediaan infrastruktur, pengenaan kompensasi, dan penalti.

Insentif dapat diberikan antar pemerintah daerah yang saling berhubungan berupa subsidi silang dari daerah yang penyelenggaraan penataan ruangnya memberikan dampak kepada daerah yang dirugikan, atau antara pemerintah dan swasta dalam hal pemerintah memberikan preferensi kepada swasta sebagai imbalan dalam mendukung perwujudan rencana tata ruang.

Insentif dan disinsentif diberikan dengan tetap menghormati hak masyarakat. Insentif dan disinsentif dapat diberikan oleh:

- Pemerintah kepada pemerintah daerah.
- Pemerintah daerah kepada pemerintah daerah lainnya.
- pemerintah kepada masyarakat.

Ketentuan lebih lanjut mengenai bentuk dan tata cara pemberian insentif dan disinsentif diatur dengan Peraturan Pemerintah.

Pengenaan sanksi merupakan tindakan penertiban yang dilakukan terhadap pemanfaatan ruang yang tidak sesuai dengan rencana tata ruang dan peraturan zonasi.

Ketentuan lebih lanjut mengenai pengendalian pemanfaatan ruang diatur dengan peraturan pemerintah.

9.7 Pengawasan Penataan Ruang

Untuk menjamin tercapainya tujuan penyelenggaraan penataan ruang dilakukan pengawasan terhadap kinerja pengaturan, pembinaan, dan pelaksanaan penataan ruang.

Pengawasan terhadap kinerja pengaturan, pembinaan, dan pelaksanaan penataan ruang dimaksudkan untuk menjamin terlaksananya peraturan perundang-undangan, terselenggaranya upaya pemberdayaan seluruh pemangku kepentingan, dan terjaminnya pelaksanaan penataan ruang. Kegiatan pengawasan termasuk pula pengawasan melekat dalam unsur-unsur struktural pada setiap tingkatan wilayah.

Pengawasan terdiri atas tindakan pemantauan, evaluasi, dan pelaporan. Tindakan pemantauan, evaluasi, dan pelaporan terhadap penyelenggaraan penataan ruang merupakan kegiatan mengamati

dengan cermat, menilai tingkat pencapaian rencana secara objektif, dan memberikan informasi hasil evaluasi secara terbuka.

Pengawasan dilaksanakan oleh Pemerintah dan pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya dengan melibatkan peran masyarakat. Peran masyarakat dapat dilakukan dengan menyampaikan laporan dan/atau pengaduan kepada Pemerintah dan pemerintah daerah.

Pemantauan dan evaluasi dilakukan dengan mengamati dan memeriksa kesesuaian antara penyelenggaraan penataan ruang dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Apabila hasil pemantauan dan evaluasi terbukti terjadi penyimpangan administratif dalam penyelenggaraan penataan ruang, Menteri, Gubernur, dan Bupati/Walikota mengambil langkah penyelesaian sesuai dengan kewenangannya. Langkah penyelesaian merupakan tindakan nyata pejabat administrasi, antara lain, berupa tindakan administratif untuk menghentikan terjadinya penyimpangan.

Dalam hal Bupati/Walikota tidak melaksanakan langkah penyelesaian, Gubernur mengambil langkah penyelesaian yang tidak dilaksanakan Bupati/Walikota. Dalam hal Gubernur tidak melaksanakan langkah penyelesaian, Menteri mengambil langkah penyelesaian yang tidak dilaksanakan Gubernur.

Dalam hal penyimpangan dalam penyelenggaraan penataan ruang, pihak yang melakukan penyimpangan dapat dikenai sanksi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Untuk menjamin tercapainya tujuan penyelenggaraan penataan ruang, dilakukan pula pengawasan terhadap kinerja fungsi dan manfaat penyelenggaraan penataan ruang dan kinerja pemenuhan standar pelayanan minimal bidang penataan ruang.

Standar pelayanan minimal merupakan hak dan kewajiban penerima dan pemberi layanan yang disusun sebagai alat Pemerintah dan pemerintah daerah untuk menjamin masyarakat memperoleh jenis dan mutu pelayanan dasar secara merata dalam rangka penyelenggaraan urusan wajib.

Dalam rangka peningkatan kinerja fungsi dan manfaat penyelenggaraan penataan ruang wilayah nasional disusun standar pelayanan penyelenggaraan penataan ruang untuk tingkat nasional.

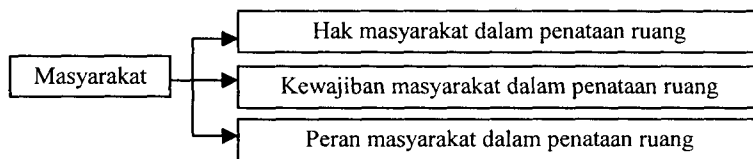
Standar pelayanan minimal bidang penataan ruang meliputi aspek pelayanan dalam perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang, dan pengendalian pemanfaatan ruang.

Jenis pelayanan dalam perencanaan tata ruang wilayah provinsi/kabupaten/kota, antara lain, adalah pelibatan masyarakat dalam penyusunan rencana tata ruang wilayah provinsi/kabupaten/kota, sedangkan mutu pelayanannya dinyatakan dengan frekuensi pelibatan masyarakat.

Standar pelayanan minimal mencakup standar pelayanan minimal bidang penataan ruang provinsi dan standar pelayanan minimal bidang penataan ruang kabupaten/kota. Standar pelayanan minimal bidang penataan ruang provinsi/kabupaten/kota ditetapkan Pemerintah sebagai alat untuk menjamin jenis dan mutu pelayanan dasar yang diberikan pemerintah provinsi/kabupaten/kota kepada masyarakat secara merata dalam rangka penyelenggaraan penataan ruang. Ketentuan lebih lanjut mengenai standar pelayanan minimal bidang penataan ruang diatur dengan peraturan Menteri.

Pengawasan terhadap penataan ruang pada setiap tingkat wilayah dilakukan dengan menggunakan pedoman bidang penataan ruang. Pengawasan ditujukan pada pengaturan, pembinaan, dan pelaksanaan

penataan ruang. Ketentuan lebih lanjut mengenai tata cara pengawasan terhadap pengaturan, pembinaan, dan pelaksanaan penataan ruang diatur dengan Peraturan Menteri.

9.8 Hak, Kewajiban, Dan Peran Masyarakat

Detail hak dan kewajiban masyarakat ditunjukkan dalam Gambar 9-27.

Hak Masyarakat
1. mengetahui rencana tata ruang melalui Lembaran Negara atau Lembaran Daerah, pengumuman, dan/atau penyebarluasan oleh pemerintah misalnya pemasangan peta RTRW yang bersangkutan pada tempat umum, kantor kelurahan, dan/atau kantor yang secara fungsional menangani rencana tata ruang tersebut
2. menikmati pertambahan nilai ruang sebagai akibat penataan ruang yang dapat dilihat dari sudut pandang eko-sos-bud, dan kualitas lingkungan yang dapat berupa dampak langsung terhadap peningkatan ekonomi masyarakat, sosial, budaya, dan kualitas lingkungan
3. memperoleh penggantian yang layak atas kerugian yang timbul akibat pelaksanaan kegiatan pembangunan yang sesuai dengan rencana tata ruang. Penggantian yang layak adalah bahwa nilai atau besarnya penggantian tidak menurunkan tingkat kesejahteraan orang yang diberi penggantian sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
4. mengajukan keberatan kepada pejabat berwenang terhadap pembangunan yang tak sesuai RTRW;
5. mengajukan tuntutan pembatalan izin dan penghentian pembangunan yang tidak sesuai dengan rencana tata ruang kepada pejabat berwenang;
6. mengajukan gugatan ganti kerugian kepada pemerintah dan/atau pemegang izin apabila kegiatan pembangunan yang tidak sesuai dengan rencana tata ruang menimbulkan kerugian.
Kewajiban Masyarakat
a. menaati rencana tata ruang yang telah ditetapkan;
b. memanfaatkan ruang sesuai dengan izin pemanfaatan ruang dari pejabat yang berwenang;
c. mematuhi ketentuan yang ditetapkan dalam persyaratan izin pemanfaatan ruang
d. memberikan akses terhadap kawasan yang oleh ketentuan peraturan perundang-undangan dinyatakan sebagai milik umum. Pemberian akses dimaksudkan untuk menjamin agar masyarakat dapat mencapai kawasan yang dinyatakan dalam peraturan perundang-undangan sebagai milik umum. Yang termasuk dalam kawasan yang dinyatakan sebagai milik umum, antara lain sumber air dan pesisir pantai. Kewajiban memberikan akses dilakukan apabila memenuhi syarat berikut: - untuk kepentingan masyarakat umum - tidak ada akses lain menuju kawasan dimaksud.

Gambar 9-27. Hak dan kewajiban masyarakat

Peran masyarakat:

a. partisipasi dalam penyusunan rencana tata ruang;
b. partisipasi dalam pemanfaatan ruang. Peran masyarakat sebagai pelaksana pemanfaatan ruang, baik orang perseorangan maupun korporasi, antara lain mencakup kegiatan pemanfaatan ruang yang sesuai dengan rencana tata ruang.
c. partisipasi dalam pengendalian pemanfaatan ruang.

BAB 10
HARMONISASI DAN INTEGRASI

10.1 Pembangunan Berkelanjutan dan Keberlanjutan Ekologi

Uraian sub-bab ini diambil dan disarikan dari artikel tulisan Kodoatie (2004) di Harian Kompas.

Kata "Pembangunan" telah menjadi kata yang sangat populer untuk peningkatan baik di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten/kota. Untuk kemajuan identik harus ada pembangunan. Namun dibalik "kesuksesan" hasil pembangunan, ada hal yang sangat menghawatirkan kita akan dampak yang terjadi akibat pembangunan yang cenderung mengeksploitasi sumber sumber daya alam secara membabi-buta. Salah satu dampaknya adalah krisis air yang telah menjadi persoalan hidup yang kompleks yang harus segera dipecahkan.

Mengapa ini terjadi? Tampaknya ini memang harus terjadi karena adanya kesalahan fatal terminologi dalam pembangunan yang memakai istilah "pertumbuhan ekonomi". Menurut Hogendijk (1996) (dalam Ismawan, 1999) seorang pakar ekonomi, pertumbuhan ekonomi yang selalu didengung-dengungkan dalam pembangunan sesungguhnya adalah pertumbuhan produksi, sedangkan perekonomian sendiri pada hakekatnya tidak berkembang. Sehingga atas nama keharusan pertumbuhan produksi ini menyebabkan sumber daya alam yang ada di bumi dan sifatnya terbatas terus dikuras habis-habisan. Parahnya lagi, penyusutan sumber daya yang terbatas ini tidak dimasukkan dalam perhitungan neraca pertumbuhan ekonomi. Sehingga pertumbuhan produksi meningkat dengan mengeksploitasi habis-habisan sumber daya alam namun pertumbuhan ekonomi justru menurun (Ismawan, 1999). Akibatnya, masih menurut Ismawan, yang terjadi adalah bahwa pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yang saat ini populer dan terus disebutkan oleh para penentu kebijakan (pemerintah) maupun pelaku pembangunan lainnya terjebak dalam jaringan nihilisme.

Kesalahan yang lainnya, menurut Keraf (2001), adalah adanya persepsi bahwa sumber daya alam dianggap sebagai sumber daya ekonomi yang siap diolah untuk memenuhi tuntutan pertumbuhan ekonomi. Nilai-nilai lain dari kekayaan sumber daya alam menyangkut nilai sosial, nilai budaya bahkan nilai kelestarian lingkungan jadi diabaikan dan bahkan tidak diperhitungkan sama sekali demi pembangunan. *Statement* Keraf tentang pembangunan sangat perlu dicermati dan direnungkan. Ketika pemerintah mengumumkan pertumbuhan ekonomi surplus dengan 7 % (misalnya) sesungguhnya pertumbuhan yang negatif. Karena kerugian sosial budaya dan lingkungan ternyata sangat mahal dan tidak dimasukkan dalam *cost* ketika analisis ekonomi dilakukan.

Hal ini nampak nyata bila kita cermati pola pembangunan yang berlangsung. Ketika pengembang membangun ril estat di suatu daerah yang mengakibatkan adanya perubahan tata guna lahan. Akibatnya, sudah kita rasakan bahwa di daerah hilirnya banjir dan bahkan longsor menjadi meningkat. Memang pengembang tidak bisa disalahkan 100 % karena ketika dia membeli lahan, misalnya, 100 ha, dia hanya akan bisa mengolah lahannya yang 100 ha itu saja. Di luar itu sudah tidak menjadi wilayah kekuasaannya.

Dia akan berhitung dengan sederhana, lahan yang dibeli dengan harga tertentu dikembangkan dan dijual ke konsumen dengan harga yang lebih besar dari investasi yang telah ditanamkan. Demikian pula ketika suatu daerah dikembangkan sebagai daerah industri, terjadi alih fungsi lahan yang memberi dampak negatif kepada daerah hilirnya.

Para investor bisa berdalih bahwa akibat usahanya mengembangkan lahan yang dimilikinya, wilayah sekitarnya jadi tumbuh dan berkembang. Kehidupan perekonomian mulai menggeliat, wilayah sekitarnya jadi ramai, infrastruktur berkembang, harga tanah naik, dll.

Di sini dapat disimpulkan bahwa investor (swasta), pengembang dan/atau bahkan pemerintah mengetahui dan memahami kalamana aspek ekonomi dikendalikan (*driven*) oleh permintaan pasar dan ini berarti ada atau memberi nilai/*value* (berupa keuntungan) terhadap aspek ini. Untuk investor (swasta) keuntungan berupa manfaat (*benefit*) nyata (*tangible*) dari investasi yang ditanamkan. Secara sederhana dapat digambarkan bahwa investasi Rp. 100,- diperoleh manfaat (misal) Rp. 150,-, berarti kegiatan ekonomi yang dilakukan memperoleh nilai/*value* keuntungan sebesar Rp. 50,-. Untuk pemerintah (pemerintah daerah) wujud nilai keuntungan adalah meningkatnya Pendapatan Asli Daerah (PAD) atau Bagi Hasil dari eksploitasi Sumber Daya Alam.

Mal, daerah industri, perumahan dan pemukiman lebih banyak dibangun walau banjir di hilirnya meningkat. Pabrik, gudang dan bangunan perdagangan dan industri dibangun dibuat karena lahan tidur tidak ada nilai ekonomi. Sumber daya alam terus dieksploitasi karena menghasilkan devisa. Sebaliknya aspek lingkungan dan aspek sosial tidak dikendalikan oleh pasar sehingga tidak memberikan nilai tambah bila kedua aspek itu diperhitungkan. Walaupun kedua aspek ini sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan mahkluk hidup lainnya.

Yang jadi persoalan adalah ketika kita melihat secara utuh akan suatu wilayah dalam kesatuan lingkungan dan ekologi, perubahan lahan tersebut menimbulkan keseimbangan baru yang biasanya berupa peningkatan bencana di sub wilayah tersebut. Pemerintahlah yang mempunyai tanggung jawab dan wewenang untuk mengatur kompensasi perubahan tata guna lahan tersebut agar daya dukung lingkungan tetap terjaga.

Dari perhitungan bagi hasil sumber daya alam yang ada, nampak bahwa hutan masih jadi primadona dan dominan sebagai salah satu sumber penerimaan daerah selain PAD dibandingkan dengan sumber daya alam lainnya (minyak, gas, perikanan dan tambang). Ditambah lagi oleh kesetiaan kita sebagai konsumen hasil hutan untuk perabotan rumah tangga, maka tidak aneh bilamana hutan terus dipanen oleh instansi berwenang (perhutani) dan sering dijarah oleh oknum karena nilai jualnya secara ekonomi masih menguntungkan.

Dampak-Dampak negatif

Skenario dan program pembangunan yang selama ini terjadi secara *kasat* mata sudah menimbulkan dampak-dampak yang negatif yang setiap tahun berlangsung dan nampaknya cenderung meningkat baik kualitas maupun kuantitas. Tanda-tanda kemarahan alam ketika keseimbangannya terganggu telah kita rasakan bersama sepanjang tahun. Di musim hujan, banjir terus berlangsung di Indonesia dan tiap tahun terus meningkat. Ada daerah yang tadinya tidak pernah banjir sekarang menjadi langganan banjir. Longsor bahkan banjir & longsor (banjir bandang) terjadi di beberapa daerah. Bencana-bencana ini telah menimbulkan kerugian material dan bahkan korban jiwa yang banyak. Menjelang musim kemarau

bencana kekeringan secara perlahan merangkak. Hal ini baru akan kita sadari setelah kita kesulitan mendapatkan air.

Perlu diketahui bahwa secara teori ada *pakem* yang tidak bisa dielakkan dan harus dirasakan, yaitu ketika di musim hujan banjir dan longsor meningkat maka kekeringan juga meningkat di musim kemarau, abrasi juga bertambah.

Masyarakat di Kalimantan yang mengandalkan sungai sebagai salah satu alat transportasi utama mengalami kesulitan ketika sungai-sungai mulai dangkal akibat besarnya sedimentasi. Pelabuhan-pelabuhan harus secara kontinyu dikeruk karena tingkat sedimentasi yang tinggi mengakibatkan kapal-kapal besar sulit masuk.

Belum lagi pencemaran lingkungan yang cukup memprihatinkan. Ketika pabrik-pabrik membuang limbahnya di sebarang tempat, kualitas air baik air permukaan dan air tanah jadi sangat menurun. Persoalan terintrusinya air tanah (salinitas) di kota-kota pantai yang makin sulit dikendalikan. Sampah dan limbah buangan baik industri maupun domestik masih menjadi persoalan utama untuk daerah-daerah urban.

Pembangunan membumi

Saat ini sudah selayaknya kita merenung sejenak untuk melihat secara jernih persoalan-persoalan yang ada. Bagaimana masa depan kita terutama anak-cucu kita bilamana bumi tidak bisa kita rawat?

Pola pembangunan dengan hanya memakai kriteria pertumbuhan ekonomi yang ada sudah saatnya dirubah. Prinsip etika lingkungan hidup harus mulai dipakai sebagai salah satu dasar pertimbangan utama yang sejajar dengan parameter ekonomi yang sudah berlaku.

Keraf (2001) menyebutkan ada 9 prinsip etika lingkungan yang wajib ditaati dalam pembangunan untuk keberlanjutan ekologi, meliputi 1) *respect for nature* (hormat terhadap alam), 2) *responsibility for nature* (bertangggung jawab kepada alam), 3) *cosmic solidarity* (solidaritas kosmis), 4) *caring for nature* (peduli kepada alam), 5) *No Harm* (tidak merugikan), 6) *living harmony with nature* (hidup selaras dengan alam), 7) Keadilan, 8) Demokrasi dan 9) Integritas moral.

Kesembilan prinsip itu pada hakekatnya merupakan ekspresi dari kenyataan bahwa kita bagian dari alam, kita dan mahluk lainnya hidup di dalam alam dan bersama-sama mengembangkan diri dan meningkatkan harkat dan nilai-nilai universal dari kehidupan di dunia ini. Prinsip-prinsip etika lingkungan perlu diupayakan dan diimplementasikan dalam kehidupan manusia karena krisis, persoalan ekologi dan bencana alam yang terjadi pada dasarnya diakibatkan oleh pemahaman yang salah yaitu bahwa alam adalah obyek yang boleh diberlakukan dan diekploitasi sekehendak kita.

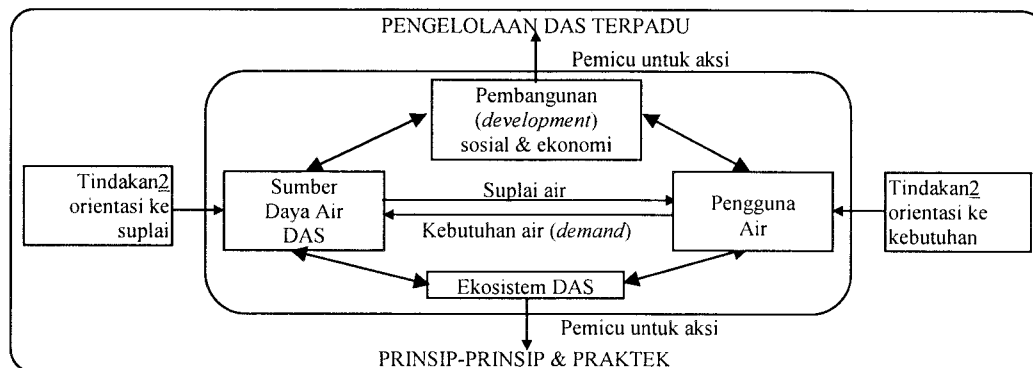
Pola pembangunan yang berlangsung saat ini perlu dirubah dan didefinisikan secara jelas. Aspek pembangunan tidak semata-mata hanya pemenuhan kebutuhan aspek ekonomi namun juga perlu memberikan bobot yang setara pada aspek-aspek sosial, budaya dan lingkungan. Pembangunan yang dilakukan harus merupakan pembangunan membumi yang selalu selaras dengan keseimbangan alam. Pembangunan membumi dapat dikatakan identik dengan pembangunan yang berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.

Memang di dalam peraturan dan perundangan yang ada, teori pembangunan yang berkelanjutan sudah dinyatakan secara eksplisit. Istilah pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan sudah

menjadi wacana yang populer dalam seminar-seminar, di mass media, dalam program pembangunan nasional dan daerah.

Namun pada giliran praktek dan implementasinya hal itu tetaplah sebatas wacana. Bahkan ada yang secara ironi mengatakan "Ah! itu kan teori, pokoknya yang penting aku sukses, pembangunan berkelanjutan itu bukan urusan saya tapi urusan pemerintah".

Akibatnya, bencana seakan tiada akhir dan cenderung meningkat secara drastis. Lemahnya *law enforcement*, lemahnya komitmen untuk mengaplikasikan konsep-konsep pembangunan dan adanya ego sektoral menambah kusutnya persoalan dan sulitnya solusi.

Perlu dipahami bahwa daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu integrasi sistem, "holistik secara alami..... dengan keseluruhannya (semuanya) .... lebih besar daripada jumlah total bagian-bagiannya" (Schramm, 1980 dalam Heathcote, 1998). Saat ini beberapa pakar sepakat bahwa ada konsensus global yang jelas bahwa daerah aliran sungai (*watershed*) adalah unit yang paling tepat (*appropriate*) untuk pengelolaan air (Heathcote, 1998). Gambar 10-1 menunjukkan kekuatan-kekuatan yang memberi pengaruh dalam pengelolaan daerah aliran sungai terpadu.

Gambar 10-1. Kekuatan-kekuatan yang mempengaruhi pengelolaan DAS Terpadu (Koudstall et al., 1992 dalam Heathcote, 1998)

10.2 Lingkungan Hidup

Pengelolaan lingkungan dapat diartikan sebagai pengendalian atau arahan interaksi antara manusia dan lingkungan untuk melindungi dan memperkaya kesehatan dan kesejahteraan manusia sekaligus kualitas lingkungan (Randolph, 2004). Secara makro pengelolaan lingkungan terkait erat dengan penataan ruang dan sumber daya air.

Pengelolaan lingkungan dapat dikelompokkan menjadi (Randolph, 2004):

- Pengelolaan interaksi antara manusia dan lingkungan
- Perencanaan lingkungan
- Perencanaan tata guna lahan untuk pengelolaan lingkungan
- Kolaborasi antara pengelolaan lingkungan dengan partisipasi publik
- Pengelolaan DAS dan Ekosistem

Untuk pendayagunaan sumber daya alam dengan tujuan memajukan kesejahteraan rakyat maka perlu dilakukan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup berdasarkan kebijaksanaan nasional yang terpadu dan menyeluruh dengan memperhitungkan kebutuhan generasi masa kini dan generasi masa depan.

Di sisi lain perlu pelaksanaan pengelolaan lingkungan hidup untuk melestarikan dan mengembangkan kemampuan lingkungan hidup yang serasi, selaras, dan seimbang

Untuk mencapai kedua hal tersebut yaitu pembangunan berkelanjutan dan keberlanjutan ekologi maka perlu adanya norma hukum (perundang-undangan) yaitu UU No. 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup yang diganti dengan UU No 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Lingkungan hidup Indonesia merupakan ruang bagi kehidupan dalam segala aspek dan matranya sesuai dengan Wawasan Nusantara.

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

Beberapa definisi lingkungan hidup yang terkait dengan Sumber Daya Air dan Penataan Ruang adalah (UU No. 32 Tahun 2009):

- Analisis mengenai dampak lingkungan hidup, yang selanjutnya disebut Amdal, adalah kajian mengenai dampak penting suatu usaha dan/atau kegiatan yang direncanakan pada lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha dan/atau kegiatan.
- Ancaman serius adalah ancaman yang berdampak luas terhadap lingkungan hidup dan menimbulkan keresahan masyarakat.
- Audit lingkungan hidup adalah evaluasi yang dilakukan untuk menilai ketaatan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan terhadap persyaratan hukum dan kebijakan yang ditetapkan oleh pemerintah.
- Bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.
- Baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.
- Dampak lingkungan hidup adalah pengaruh perubahan pada lingkungan hidup yang diakibatkan oleh suatu usaha dan/atau kegiatan.
- Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antarkeduanya.
- Daya tampung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya.
- *Dumping* (pembuangan) adalah kegiatan membuang, menempatkan, dan/atau memasukkan limbah dan/atau bahan dalam jumlah, konsentrasi, waktu, dan lokasi tertentu dengan persyaratan tertentu ke media lingkungan hidup tertentu.

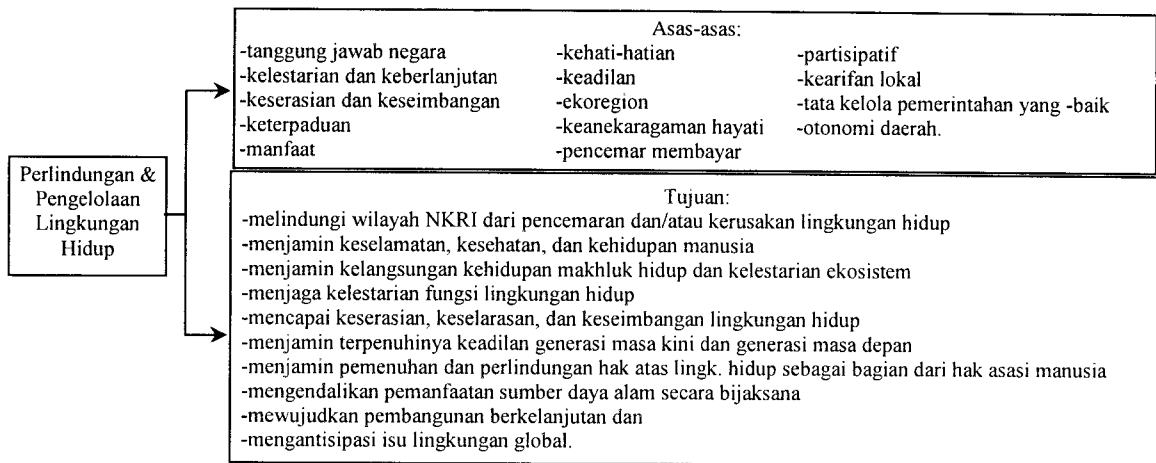
- Ekoregion adalah wilayah geografis yang memiliki kesamaan ciri iklim, tanah, air, flora, dan fauna asli, serta pola interaksi manusia dengan alam yang menggambarkan integritas sistem alam dan lingkungan hidup.
- Ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuhmenyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup.
- Instrumen ekonomi lingkungan hidup adalah seperangkat kebijakan ekonomi untuk mendorong Pemerintah, pemerintah daerah, atau setiap orang ke arah pelestarian fungsi lingkungan hidup.
- Izin lingkungan adalah izin yang diberikan kepada setiap orang yang melakukan usaha dan/atau kegiatan yang wajib amdal atau UKL-UPL dalam rangka perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup sebagai prasyarat untuk memperoleh izin usaha dan/atau kegiatan.
- Kajian lingkungan hidup strategis, yang selanjutnya disingkat KLHS, adalah rangkaian analisis yang sistematis, menyeluruh, dan partisipatif untuk memastikan bahwa prinsip pembangunan berkelanjutan telah menjadi dasar dan terintegrasi dalam pembangunan suatu wilayah dan/atau kebijakan, rencana, dan/atau program.
- Kearifan lokal adalah nilai-nilai luhur yang berlaku dalam tata kehidupan masyarakat untuk antara lain melindungi dan mengelola lingkungan hidup secara lestari.
- Kerusakan lingkungan hidup adalah perubahan langsung dan/atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup.
- Konservasi sumber daya alam adalah pengelolaan sumber daya alam untuk menjamin pemanfaatannya secara bijaksana serta kesinambungan ketersediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai serta keanekaragamannya.
- Kriteria baku kerusakan lingkungan hidup adalah ukuran batas perubahan sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang dapat ditenggang oleh lingkungan hidup untuk dapat tetap melestarikan fungsinya.
- Limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan.
- Limbah bahan berbahaya dan beracun, yang selanjutnya disebut Limbah B3, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3.
- Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.
- Masyarakat hukum adat adalah kelompok masyarakat yang secara turun temurun bermukim di wilayah geografis tertentu karena adanya ikatan pada asal usul leluhur, adanya hubungan yang kuat dengan lingkungan hidup, serta adanya sistem nilai yang menentukan pranata ekonomi, politik, sosial, dan hukum.
- Organisasi lingkungan hidup adalah kelompok orang yang terorganisasi dan terbentuk atas kehendak sendiri yang tujuan dan kegiatannya berkaitan dengan lingkungan hidup.
- Pelestarian fungsi lingkungan hidup adalah rangkaian upaya untuk memelihara kelangsungan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.
- Pembangunan berkelanjutan adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

- Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.
- Pengelolaan limbah B3 adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan.
- Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum.
- Perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia sehingga menyebabkan perubahan komposisi atmosfir secara global dan selain itu juga berupa perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan.
- Perusakan lingkungan hidup adalah tindakan orang yang menimbulkan perubahan langsung atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup sehingga melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup.
- Rencana perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang selanjutnya disingkat RPPLH adalah perencanaan tertulis yang memuat potensi, masalah lingkungan hidup, serta upaya perlindungan dan pengelolaannya dalam kurun waktu tertentu.
- Sengketa lingkungan hidup adalah perselisihan antara dua pihak atau lebih yang timbul dari kegiatan yang berpotensi dan/atau telah berdampak pada lingkungan hidup.
- Setiap orang adalah orang perseorangan atau badan usaha, baik yang berbadan hukum maupun yang tidak berbadan hukum.
- Sumber daya alam adalah unsur lingkungan hidup yang terdiri atas sumber daya hayati dan nonhayati yang secara keseluruhan membentuk kesatuan ekosistem.
- Upaya pengelolaan lingkungan hidup dan upaya pemantauan lingkungan hidup, yang selanjutnya disebut UKL-UPL, adalah pengelolaan dan pemantauan terhadap usaha dan/atau kegiatan yang tidak berdampak penting terhadap lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha dan/atau kegiatan.
- Usaha dan/atau kegiatan adalah izin yang diterbitkan oleh instansi teknis untuk melakukan usaha dan/atau kegiatan.

Asas dan tujuan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup ditunjukkan dalam Gambar 10-2.

Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai harus dilihat sebagai suatu pengelolaan ekosistem (lingkungan) yang sangat kompleks meliputi interaktif, interrelasi, *inter-dependency* (saling ketergantungan) dan saling mempengaruhi banyak faktor baik dari sisi teknis maupun non-teknis. rekayasa (*engineering*) maupun non rekayasa (Pantulu, 1985; Grigg, 1996; Kodoatie dan Sjarief, 2008).

Ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang dipacu dengan semangat anthropo-centris (manusia sebagai pusat kehidupan alam) menyebabkan manusia berpola pikir dan bernafsu untuk menundukkan alam (Salim, 2007). Dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi menyebabkan "pembangunan berlanjut" bukan pembangunan berkelanjutan.

Pembangunan berlanjut ini yang didasari atas pertumbuhan ekonomi menyebabkan manusia harus mengeksploitasi alam. Dengan melihat, membaca dan mendengar kerusakan alam yang makin meningkat sudah saatnya mengubah semangat anthropo-centris menjadi eko-sistem centris (Salim, 2007).

Gambar 10-2. Asas dan tujuan Perlindungan & Pengelolaan Lingkungan Hidup (UU No.32 Tahun 2009)

Salah satu caranya adalah secara bersama-sama mengubah pola pikir semua manusia dari "manusia sebagai pusat kehidupan" menjadi "manusia bagian dari alam".

Maka pembangunan tidak lagi mengeksploitasi alam tetapi pembangunan yang memperkaya (*enrichment*) dan meningkatkan (*enhancement*) sumber daya alam (Salim, 2007). termasuk di dalamnya adalah usaha-usaha untuk menjadikan sumber daya air yang berkelanjutan. Perangkat aturannya sudah ada, salah satunya adalah UU No 7 Tahun 2004 yang pada intinya lebih menekankan pada upaya konservasi sumber daya air.

Melihat keberadaan daerah CAT dan Non CAT, maka perlu kita melakukan segala upaya untuk mempertahankan keberadaan tanah (*top soil*) agar tumbuhan bisa hidup. Sehingga dari sudut pandang lingkungan maka kita wajib melakukan upaya konservasi air dan tanah secara bersama. Di daerah CAT maupun Non-CAT , tanaman bisa tumbuh karena ada tanah (humus) dan air. Di daerah Non CAT apabila pucuk tanah (*top soil*) dihilangkan untuk kepentingan pertambangan maka tak ada lagi tanah dan juga tak ada air.

Kehidupan adalah Anugerah Tuhan, adanya kehidupan adalah karena adanya air. Mempertahankan keberadaan air secara berkelanjutan maka kita juga mempertahankan kehidupan yang berarti pula kita mempertahankan Anugerah Tuhan.

10.3 Harmoni Pengertian, Istilah dan Definisi

Dalam peraturan-perundangan yang berlaku di Indonesia banyak dijumpai pengertian, istilah dan definisi yang berbeda. Untuk hal tersebut perlu dilakukan harmonisasi, kesepakatan dan kesepahaman perbedaan yang terjadi. Sebagai contoh:

- Pengertian aspek pengelolaan dalam UU No 7 Tahun 2004 yaitu Konservasi Sumber Daya Air terkait erat dengan istilah Kawasan Lindung dalam UU No 26 Tahun 2007. Demikian pula Pendayagunaan Sumber Daya Air dalam UU No 7 Tahun 2004 terkait dengan Kawasan Budidaya dalam UU No 26 Tahun 2007

- UU No 7 Tahun 2004 menyebutkan perlu dibuat Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai. Hal ini sepadan dengan kewajiban membuat Rencana Tata Ruang Wilayah yang berbasis wilayah administrasi (Nasional, Provinsi, Kabupaten/Kota) dalam UU No 26 Tahun 2007. Dalam UU No 41 Tahun 1999 hal tersebut terkait dengan Pengurusan Hutan.
- Untuk sumber daya air ada batas teknis yaitu DAS, CAT dan WS. Sedangkan untuk penataan ruang menggunakan batas administrasi (Nasional, Provinsi, Kabupaten/Kota. Untuk wilayah pesisir perlu dibuat batas teknis pengelolaannya misalnya Satuan Wilayah Pesisir (Pantai) atau *coastal Cell.*
- UU No 7 Tahun 2004 mengamanatkan untuk membuat Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai. Padanan dengan UU No 26 Tahun 2007 adalah pembuatan rencana tata ruang wilayah (RTRW) dengan batas administrasi (nasional, provinsi, kabupaten, kota). Padanan dengan UU No 27 Tahun 2007 adalah Rencana Strategis Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Dengan UU No 41 Tahun 1999 adalah Pengurusan Hutan. Urutan kegiatan berdasarkan beberapa UU yang berlaku ditunjukkan dalam Tabel 10-1.

Tabel 10-1. Urutan kegiatan berdasar UU

UU No 7/2004	UU No 26/2007	UU No 27/2007	UU No/1999
Pola PSDA WS	RTRW	RenStra Wil Pssir	Pengurusan Hutan
-Pola PSDA -Rencana PSDA -Studi Kelayakan -Penyusu Program -DED (Renc. Detail) -Pelaks. konstruksi -O & P	Penyelengg Penat Rg: -pengaturan, -pembinaan -pelaksanaan: ~perencanaan ~pemanfaatan ~pengendalian -pengawasan	-Perencanaan ~Rencana Strategis ~Rencana Zonasi ~Rencana Pengelolaan ~renc aksi pengelolaan -Pemanfaatan -Pengendalian & Pengawasan	-perenc kehutanan -pengelolaan hutan -litbang -diklat, penyuluhan kehutanan -pengawasan

Berdasar uraian tersebut dan Tabel 10-1 serta dengan memperhatikan juga Sub Bab7.1.2 (untuk pengertian "pengelolaan" dari dari peraturan perundangan) maka perlu harmoni, integrasi, kesepahaman dan kesepakatan tentang penggunaan, pengertian istilah dan definisi kata atau kalimat yang dipakai.

10.4 Harmoni Sumber Daya Air Dan Penataan Ruang

10.4.1 Substansi Penting Sumber Daya Air Dan Penataan Ruang

Beberapa substansi penting keterkaitan Penataan Ruang dan Pengelolaan Sumber Daya Air berdasarkan UU No 7 Tahun 2004 dan UU No 26 Tahun 2007 ditunjukkan dalam Tabel 10-2.

Beberapa perbedaan substansi perlu kajian detail lebih lanjut agar didapat persamaan persepsi dalam implementasi UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air dengan UU No. 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang.

Tabel 10-2. Substansi sumber daya air dan penataan ruang (Kodoatie & Sjarief, 2007; Kodoatie, 2007

UU SUMBER DAYA AIR	UU PENATAAN RUANG
Asas: 1. kelestarian 2. keseimbangan 3. kemanfaatan umum 4. keterpaduan dan keserasian 5. keadilan	Asas: 1. keterpaduan 2. keserasian, keselarasan, dan keseimbangan 3. keberlanjutan 4. keberdayagunaan dan keberhasilgunaan 5. keterbukaan

6. kemandirian 7. transparansi dan akuntabilitas	6. kebersamaan dan kemitraan 7. pelindungan kepentingan umum 8. kepastian hukum dan keadilan 9. akuntabilitas
Pola PSDA: kerangka dasar dalam merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi kegiatan konservasi SDA, pendayagunaan SDA, dan pengendalian daya rusak air.	Pola ruang: distribusi peruntukan ruang dalam suatu wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan peruntukan ruang untuk fungsi budi daya.
3 Aspek Pengelolaan: • Konservasi SDA • Pendayagunaan SDA • Pengendalian Daya Rusak Air 2 Pendukung: • Sistem Informasi SDA • Pemberdayaan dan Peran Masyarakat	Substansi: •Struktur Ruang: o Pusat-Pusat Pemukiman o Infrastruktur •Pola Pemanfaatan Ruang: o Kawasan Lindung o Kawasan Budi Daya
Wilayah Hidrologis: • Wilayah Sungai (WS) → beberapa DAS • Indonesia dibagi menjadi 133 WS, • Aliran Permukaan: 5590 DAS • Air Tanah: 421 Cekungan Air Tanah (CAT)	Wilayah Administrasi •Pusat (Nasional) •Indonesia dibagi menjadi: - 33 provinsi - 97 Kota - 401 Kabupaten - 5681 kecamatan dan Desa
PSDA: 1. Pola PSDA Wilayah Sungai 2. Rencana PSDA (Rencana Induk tiap aspek)) 3. Studi Kelayakan (*Feasibilty Study*) 4. Program PSDA → 5 tahun 5. penyusunan rencana kegiatan PSDA → 1 tahun 6. Rencana Detail (*DED*) → rencana pelaksanaan konstruksi & OP 7. Pelaksanaan konstruksi 8. Pelaksanaan OP	Penyelenggaaan Penataan Ruang: 1. Pengaturan Penataan Ruang 2. Pembinaan Penataan Ruang 3. Pengawasan Penataan Ruang 4. Pelaksanaan Penataan Ruang: •Perencanaan Tata Ruang: RTRW Nas, RTRW Prov, RTRW Kab/Kota •Pemanfaatan Ruang •Pengendalian Pemanfaatan Ruang •Penataan Ruang Kawasan Perkotaan - Perencanaan Tata Ruang: - Pemanfaatan Ruang - Pengendalian Pemanfaatan Ruang •Penataan Ruang Kawasan Perdesaan - Perencanaan Tata Ruang: - Pemanfaatan Ruang - Pengendalian Pemanfaatan Ruang

Berikut diuraikan perbedaan substansif antara kedua UU:

- UU Penataan Ruang tidak menyebutkan Wilayah Sungai namun hanya daerah aliran sungai (DAS), padahal Indonesia dibagi menjadi 133 WS (PerMen Pekerjaan Umum No. 11A Tahun 2006) menurut tinjauan batas hidrologis dan 33 Provinsi untuk tinjauan batas administrasi.
- Untuk pengelolaan sumber daya air perlu disusun Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai {lihat Ayat (2) Pasal 11 UU SD Air)}.
- UU Penataan Ruang menyebutkan bahwa dalam penatagunaan air, dikembangkan "Pola Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS)" (lihat Penjelasan Ayat (1) Pasal 33 UU Penataan Ruang, bukan "Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai" seperti yang diamanatkan dalam UU SD Air.
- Berdasarkan ketiga hal tersebut maka diperlukan klarifikasi, kesepahaman dan kesepakatan tentang pengertian "Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai menurut UU SD Air" dan "Pola Pengelolaan DAS" menurut UU Penataan Ruang.

Untuk pengelolaan air tanah, perbedaan mendasarnya adalah:

- UU Penataan Ruang tidak menyebutkan CAT.

- UU SDA menyebutkan bahwa untuk pengelolaan air tanah didasarkan atas Cekungan Air Tanah (lihat Ayat (2) Pasal 12 UU SDA).
- UU SDA menyebutkan bahwa penetapan cekungan air tanah meliputi cekungan air tanah dalam satu kabupaten/kota, cekungan air tanah lintas kabupaten/kota, cekungan air tanah lintas provinsi, dan cekungan air tanah lintas negara (lihat Ayat (4) Pasal 13 UU SDA), termasuk dengan siapa yang berwenang dan bertanggung-jawab sesuai lokasi CAT (lihat Bab II UU SD Air).

Untuk pengelolaan rawa:

- UU Penataan Ruang tak menyebut rawa. Padahal rawa merupakan bagian dari sumber daya air yang penting baik dari segi luasan (*space*) maupun potensi sumber dayanya.
- Akan timbul pertanyaan: Bagaimana mengkaitkan Pengelolaan Rawa dengan Tata Ruang?

Untuk pantai:

- UU Penataan Ruang tak menyebut pesisir atau pantai dalam pengertian dan substansi yang benar untuk pesisir atau pantai. UU Penataan Ruang hanya menyebut "pesisir pantai" dalam satu gabungan kata seperti ditulis dalam Penjelasan Huruf d Pasal 61 seperti berikut:

  Yang termasuk dalam kawasan yang dinyatakan sebagai milik umum, antara lain, adalah sumber air dan pesisir pantai.
- Kata "pesisir": selain dalam Penjelasan Huruf d Pasal 61 tersebut tidak ada kata "pesisir" lagi
- Untuk kata "pantai": selain tertulis dalam Penjelasan Huruf d Pasal 61 tersebut maka kata "pantai" disebutkan dalam beberapa pasal sebagai berikut:

  Penjelasan Ayat (2) Huruf b dan huruf c Pasal 5, yaitu:

  b. kawasan perlindungan setempat, antara lain, sempadan pantai, ...

  c. kawasan suaka alam dan cagar budaya, antara lain, kawasan suaka alam, kawasan suaka alam laut dan perairan lainnya, kawasan pantai berhutan bakau, taman ...

  Penjelasan Ayat (5) Pasal 5, yaitu:

  ....

  Yang termasuk kawasan strategis dari sudut kepentingan pendayagunaan sumber daya alam dan/atau teknologi tinggi, antara lain, adalah kawasan pertambangan minyak dan gas bumi termasuk pertambangan minyak dan gas bumi lepas pantai, serta....

  Penjelasan Ayat (1) Pasal 29, yaitu:

  Ruang terbuka hijau publik merupakan..... umum, dan jalur hijau sepanjang jalan, sungai, dan pantai. Yang ....

Menurut UU No. 27 Tahun 2007 yang dimaksud Sempadan Pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 (seratus) meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat. Wilayah Pesisir adalah daerah peralihan antara Ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut.

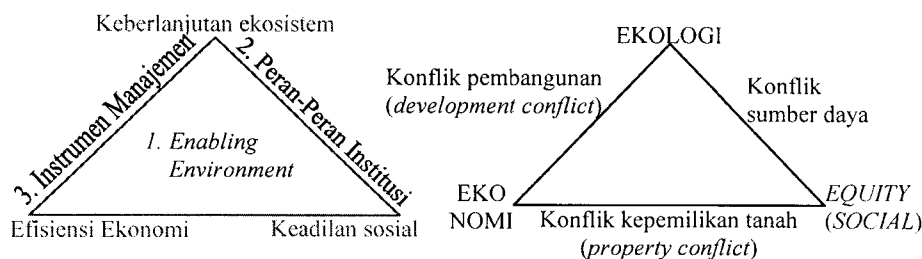
Dari uraian tersebut akan timbul pertanyaan: Bagaimana mengkaitkan Pengelolaan Zona Pantai Terpadu dengan Tata Ruang karena pantai tak disebut secara substansi?

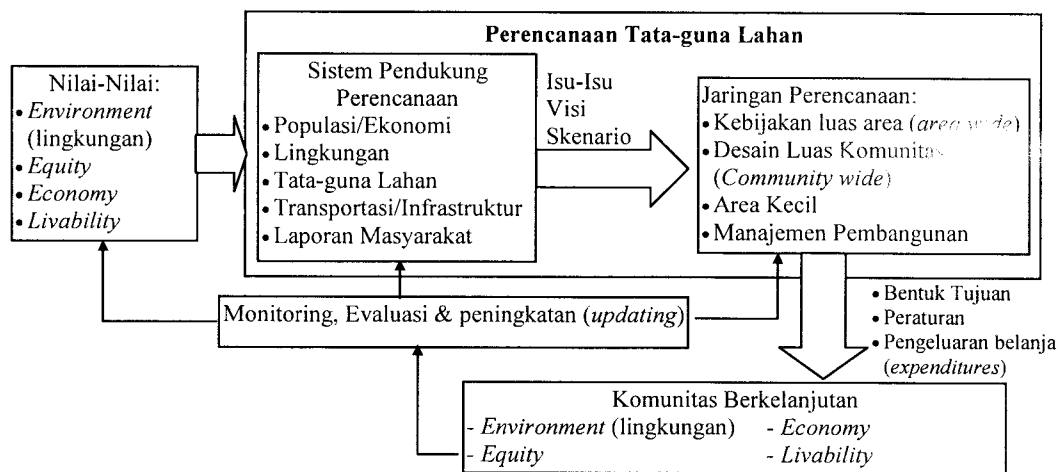
10.4.2 Harmoni Dan Integrasi Penataan Ruang Dan Pengelolaan Sumber Daya Air

Seperti telah disebutkan, secara global air mengalir dari daerah lebih tinggi ke daerah lebih rendah melalui sistem gravitasi dalam siklus hidrologi. Perjalanan air dalam siklus ini melalui ruang udara, ruang darat (termasuk di dalam bumi) dan ruang laut.

Dalam proses perjalanan tersebut muncul persoalan air dalam ketiga ruang tersebut seperti ditunjukkan dalam Gambar 1-11. Salah satu tujuan utama mengatasi persoalan tersebut adalah

keberlanjutan keberadaan air sebagai sumber kehidupan di dunia. Oleh karena itu dalam kajian sumber daya air maka perlu harmoni antara sumber daya air dengan aspek-aspek lain berdasarkan kondisi alam maupun berdasarkan kondisi artifisial.

Segitiga keseimbangan dan skenario pengelolaan sumber daya air terpadu seperti dijelaskan dalam Gambar 7-5 juga terkait dengan segitiga konflik dari pembangunan, sumber daya dan kepemilikan tanah seperti ditunjukkan dalam Gambar 10-3.

Gambar 10-3. Hubungan sosial, ekonomi dan ekologi (GWP, 2001; Godschalk, 2004)

Salah satu contoh kerangka konseptual perencanaan tata-guna lahan ditunjukkan dalam Gambar 10-4.

Gambar 10-4. Kerangka konseptual perencanaan tata-guna lahan (Berke dkk., 2006)

Harmoni berarti: balans, keseimbangan, proporsi, simetri, kepaduan, kesamaan, keselarasan, keserasian, kesesuaian, keteraturan, konsistensi dan ketertiban. Integrasi juga berarti inkorporsasi, konsolidasi, *merger*, peleburan, pembauran, penggabungan, penyatuan, unifikasi (Endarmoko, 2006).

Harmoni juga berarti: keselarasan, keserasian, kecocokan, kesesuaian, kerukunan dan integrasi berarti penggabungan (Echols & Shadily, 2002b).

Hal-hal substansi spesifik mengharuskan adanya harmonisasi dan integrasi penataan ruang dan pengelolaan sumber daya air. Dibandingkan sumber daya alam yang lain, air mempunyai ciri khas dan

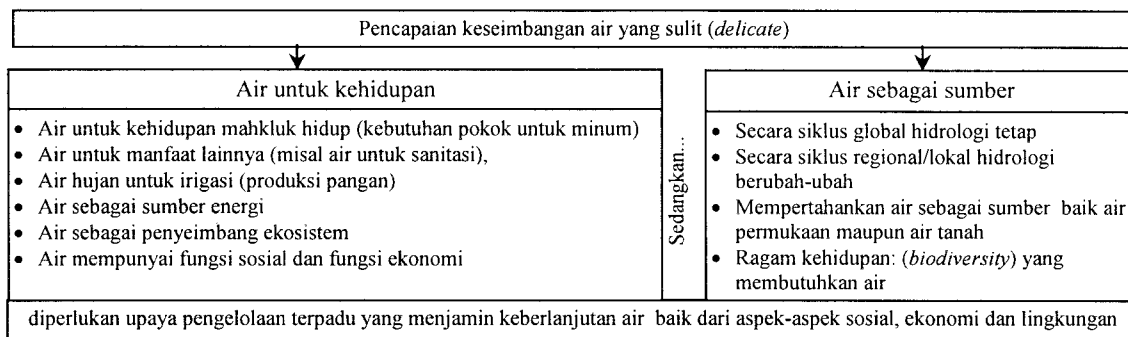
unik yang menyebabkan air menjadi spesial untuk dikelola. Di sisi lain kebutuhan ruang baik di perkotaan dan perdesaan makin meningkat karena pertumbuhan penduduk. Adanya hubungan peningkatan penduduk, penataan ruang dan pengelolaan sumber daya air mengharuskan adanya harmonisasi dan integrasi antara penataan ruang dan pengelolaan sumber daya air serta pengelolaan aspek-aspek lainnya.

Secara lebih detail perlunya harmonisasi tersebut ditunjukkan dalam Tabel 10-3 (Sumber: GWP, 2001 dengan elaborasi berdasarkan sumber-sumber lainnya, diantaranya Hamengku Buwono X, 2002; Kodoatie, 2001b).

Tabel 10-3. Substansi perlunya harmonisasi

No.	Uraian
1.	Air merupakan salah satu sumber kehidupan sehingga untuk kepentingan manusia dan mahkluk hidup lainnya ketersediaan air dari segi kualitas maupun kuantitas mutlak diperlukan. Namun kelebihan air menimbulkan bencana yaitu banjir dan longsor, kekurangan air juga menimbulkan bencana yaitu kekeringan.
2.	Ada hubungan langsung antara banjir di musim hujan dengan kekeringan di musim kemarau.
3.	Batas administrasi wilayah (misal batas kab/kota) berbeda dengan batas teknis (DAS). Di samping itu juga ada WS, CAT. Wilayah Pesisir (Kawasan, Zona), kawasan hutan, taman buru, dll.
4.	Perubahan tata-guna lahan akan berpengaruh besar terhadap SDA baik secara kuantitas maupun kualitas. Air yang terlalu banyak menimbulkan bencana banjir dan longsor, sedangkan air yang terlalu sedikit menimbulkan bencana kekeringan.
5.	Tiap tata guna lahan membutuhkan air namun juga memberikan dampak keberadaan air di tata guna yang lain.
6.	*Recovery* kerusakan tataguna lahan dan tata air yang terjadi umumnya akan sulit mengembalikan sampai sama seperti semula.
7.	Tiap kehidupan dan semua sektor sosial, budaya, ekonomi serta lingkungan bergantung namun juga sekaligus memberi dampak ke air.
8.	Kita tinggal dalam ruang dan dengan siklus hidrologi artinya air secara terus menerus diisi ulang (*renewable source*). dipakai, dikembalikan dan dipakai lagi. Oleh karena itu kita semua bergantung satu sama lain. Secara umum dapat dikatakan bahwa air merupakan salah satu bagian sentral dan pokok dalam kehidupan.
9.	Selama kita hidup, kita akan membutuhkan air → ini berarti sumber daya air harus berkelanjutan (*sustainable resources*).
10.	Dalam kaitan dengan sumber daya air, kita ada yang tinggal di bagian hulu dan kita juga ada yang tinggal di hilir. Oleh karena itu kita saling bergantung dan saling mempengaruhi.
11.	Infrastruktur keairan: alami dan buatan manusia.
12.	Sistem infrastruktur keairan terkait dengan pengelolaan bencana terikat dan saling bergantung dengan infrastruktur lainnya.
13.	Tuntutan reformasi: demokrasi, transparansi, akuntabilitas.
14.	Otonomi Daerah: salah satu dampak munculnya egosentris kedaerahan, bahwa "daerah saya bisa saya eksploitasi sesukanya". Konflik muncul akibat perbedaan batas teknis dan batas adminstrasi.
15.	Partisipasi dan pemberdayaan masyarakat.
16.	Globalisasi.
17.	Keterbatasan dana.
18.	Degradasi lingkungan yang parah.
19.	Lemahnya penegakkan hukum (perlu *law enforcement*).
20.	Krisis kepercayaan dan krisis kebudayaan.
21.	Panjang garis pantai di Indonesia adalah kurang lebih 95.181 km. Lebih dari 50 % dari garis pantai tersebut berpotensi terkena Tsunami, terutama yang berhadapan langsung dengan lempeng-lempeng tektonik.
22.	Pantai juga daerah bagian paling hilir dalam sistem sumber daya air. Umumnya pantai akan dominan sebagai penerima dampak dari pengelolaan sumber daya air.
23.	Banyak penduduk tinggal di wilayah pantai dan banyak juga kota dengan penduduk padat berlokasi di pantai.
24.	Pantai merupakan tempat atraktif untuk dihuni.
25.	Bangsa Indonesia hidup di wilayah di atas 4 lempeng di dunia yaitu Lempeng2: Indo-Australia, Pasifik, Eurasia dan Philipina. Indonesia juga memiliki bukit barisan memanjang dari Sumatra, Jawa sampai Nusa Tenggara. Pertemuan lempeng ini membuat Indonesia sebagai salah satu negara yang paling banyak berubah wilayah geologinya di dunia.

26. Hampir semua sifat pertemuan antar lempeng di wilayah Indonesia adalah sub-duksi. Artinya gempa yang ditimbulkannya bisa mencapai lebih dari 9 Skala Richter atau setara dengan 32 milyard ton TNT untuk hasil energi seismik. Bila terjadi gempa > 9 Skala Richter maka dapat menyebabkan kerusakan sangat besar pada beberapa daerah dengan jangkauan 100 km. Dapat juga disebut malapetaka karena semua benda di atas tanah bisa hancur total, tanah naik turun, obyek beterbangan. Bila gempa ini terjadi di laut maka akan dapat menimbulkan gelombang Tsunami dengan kekuatan amat dahyat.
27. Kecepatan Tsunami di tengah laut menuju pantai bisa mencapai kecepatan pesawat terbang (di atas 600 km/jam) dengan tinggi gelombang yang pendek (bisa hanya antara 1 sampai 2 m) tergantung dari kedalaman laut. Dengan kondisi ini maka periode waktu setelah gempa menjadi Tsunami bisa hanya dalam hitungan puluhan menit. Alat sistem peringatan dini (*early warning system*) menjadi tak efektif atau bahkan menjadi tak berguna. Namun mendekati pantai kecepatan akan sangat berkurang tapi tinggi gelombang meningkat tajam. Gelombang Tsunami yang menerjang pantai dapat mencapai ketinggian 30 meter (= gedung bertingkat 10 atau lebih). Tsunami di Aceh telah membuktikan kekuatan dahsyat (daya rusak) air.
28. Indonesia juga memiliki sungai besar dan kecil yang berjumlah 5590 buah yang terbagi menjadi 133 wilayah sungai (Direktorat Sungai, 1994; Peraturan Menteri PU Nomor: 11 A/PRT/M/2006).
29. Indonesia memiliki 421 cekungan air tanah (RaKePress, 2009).
30. Indonesia terdiri atas 33 provinsi, 401 kabupaten, 97 kota dan 5681 kecamatan
31. Kondisi kebutuhan pangan dan air (sumberdaya alam).
32. Lebarnya kesenjangan tingkat pembangunan antar wilayah secara nasional (sudah berkembang: Sumatra, Jawa, Bali; berkembang: Kalimantan, Sulawesi, NTB; perkembangan baru: Maluku, NTT, Papua)
33. Peningkatan penduduk dan tingginya jumlah penduduk miskin (lebih dari 48 juta jiwa atau lebih kurang 23% terutama di daerah tertinggal dan perkotaan)
34. Perubahan tata-guna lahan akan berpengaruh besar terhadap SDA baik secara kuantitas maupun kualitas. Air terlalu banyak menimbulkan bencana banjir dan longsor, sedangkan air terlalu sedikit menimbulkan bencana kekeringan. Demikian sebaliknya ketersediaan air akan mempengaruhi perencanaan tata guna lahan.
35. Sistem infrastruktur keairan terikat dan saling bergantung dengan infrastruktur lainnya.
36. Tak ada satupun bangsa di dunia yang ditakdirkan hidup berdampingan dengan segala bencana kecuali bangsa Indonesia. Tabel 3-10 menunjukkan ada 33 jenis bencana. Ada potensi terjadinya ke 33 bencana di Indonesia, antisipasi melalui pengelolaan bencana terpadu.
37. Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang sangat luas: memiliki 5 Pulau Besar, Gugus Pulau Samudra, Gugus Pulau Pantai yang keseluruhannya berjumlah lebih dari 17000 pulau dan adanya gunung baik yang aktif maupun yang tidak disertai dengan pegunungan tinggi serta dilalui jalur patahan dan sesar.

Air sebagai salah satu sumber kehidupan mempunyai berbagai macam fungsi. Di sisi lain, air juga merupakan bagian dari sumber daya alam. Dari kedua hal tersebut maka diperlukan suatu pengelolaan sumber daya air terpadu yang memberikan jaminan keberlanjutan air. Uraian tersebut ditunjukkan dalam Gambar 10-5.

Gambar 10-5. Kebutuhan pengelolaan terpadu untuk pencapaian keseimbangan fungsi dan peran air (Kodoatie & Sjarief, 2005)

Secara menyeluruh sumber daya air tergantung dari banyak hal yang memerlukan harmoni dan perpaduan baik dalam sistem alam maupun dalam sistem kehidupan. Karena seperti telah disebutkan sebelumnya dalam Sub-Bab 1.1 dan Sub-Bab 2.1 bahwa "tiada kehidupan tanpa air", *water is the best of all things* dan *water is every one's business*!

Harmoni itu antara lain (GWP, 2001 dengan modifikasi):

1. Harmoni dan perpaduan dalam sistem alam: antara pemakaian tanah dan air, antara air permukaan dan air tanah, antara jumlah dan kualitas air, antara hulu dan hilir, antara air tawar dan air asin, antara penyebab dan penerima dampak.
2. Harmoni dan perpaduan pengelolaan untuk pencapaian keseimbangan ideal dalam sistem alam dan dalam sistem kehidupan (sistem manusia) dengan langkah-langkah: pengutamaan air dalam sistem ekonomi, pengutamaan air dalam sistem sosial, pengutamaan air dalam sistem lingkungan, kepastian koordinasi antar sektor-sektor, kepastian adanya kerjasama antara pengelolaan sektor umum dan pribadi, pengikut-sertaan semua *stakeholders*.
3. Harmoni dan perpaduan antara pengelolaan sumber daya air dan penataan ruang.
4. Harmoni dan perpaduan antara pengelolaan sumber daya air dan pengelolaan wilayah pesisir.
5. Harmoni dan perpaduan antara pengelolaan sumber daya air dan pengurusan hutan.
6. Harmoni dan perpaduan antara infrastruktur keairan dan infrastruktur lainnya.
7. Harmoni dan perpaduan antara pembangunan berkelanjutan dan keberlanjutan ekologi.
8. Harmoni dan perpaduan antara pengertian, istilah dan definisi dalam peraturan perundang-undangan

Konferensi PBB tentang Lingkungan dan Pembangunan (*the United Nations conference on Environment and Development*–UNCED) atau yang dikenal dengan Konferensi Tingkat Tinggi Bumi (*Earth Summit*) yang diselenggarakan pada bulan Juni 1992 di Rio de Janeiro menghasilkan Agenda 21 Global atau Agenda Rio 21 yang merupakan program kerja besar untuk abad 20 sampai dengan abad 21 yang mewujudkan hubungan kemitraan global yang bertujuan terciptanya keserasian antara dua kebutuhan penting, yaitu lingkungan yang bermutu tinggi dan perkembangan serta pertumbuhan ekonomi yang sehat bagi seluruh penduduk dunia.

Berdasarkan Agenda ini empat pesan yang sederhana namun ampuh dikembangkan Tahun 1992 di Dublin untuk visi-ke-aksi millenium, yaitu:

1. Air tawar adalah terbatas dan sumber yang lemah, sangat penting untuk mempertahankan kehidupan, pengembangan dan lingkungan yaitu satu sumber dikelola secara holistik.
2. Pengembangan dan pengelolaan air harus didasari dalam pendekatan partisipatif, melibatkan pemakai, perencana dan penentu kebijakan dalam semua tingkatan yaitu mengelola air dengan manusia dan dekat dengan manusia.
3. Perempuan mempunyai peran sentral dalam ketentuan, pengelolaan dan perlindungan air yaitu mengikutsertakan perempuan seluruhnya.
4. Air memiliki nilai ekonomi dalam setiap pemakaian kompetitifnya dan harus dipahami sebagai benda ekonomi:
   - Merupakan kebutuhan dasar, distribusi air sampai nilai tertinggi
   - Mengarahkan pada penentuan harga penuh untuk mendorong pemakaian rasional dan harga pemulihan (*recovery cost*)

Prinsip Dublin bertujuan kepada pengelolaan air yang bijaksana dengan fokus pada kemiskinan. Sebagaimana sering diungkapkan bahwa pengelolaan yang buruk hampir selalu memberikan dampak buruk bagi yang tidak mampu (miskin): *Poor water management hurts the poor most!*

Saat ini telah terjadi perubahan paradigma yang cukup mendasar dari pola pembangunan. Paradigma baru ini adalah perubahan-perubahan:

1. Dari pengelolaan air sektoral ke sektor silang.
2. Pengelolaan sumber daya air terpadu yang mengutamakan dialog.
3. Dari *top-down to bottom-up approach.*
4. Yang demokratis, transparan dan akuntabilitas.
5. Dari sentralisasi ke desentralisasi (otonomi daerah).
6. Dari dalam negara ke globalisasi.

Albertson (1993) mengembangkan suatu konsep pengembangan desa untuk pembangunan berkelanjutan yang disebut "*Village Earth Model for Sustainable Village-Based Development*". Salah satu prinsip dasarnya adalah perubahan pendekatan dari *top-down to bottom-up approach* dengan karakteristik-karakteristik dasar:

- Mendengarkan dan bertanya dulu, bukan *not giving answer directly.*
- Interaksi, diskusi dan penciptaan konsensus, bukan pemaksaan kehendak dari solusi *top-down.*
- Pemecahan masalah bersama-sama dengan prinsip kemitraan (*partnership*), bukan pemaksaan perbaikan *technically correct.*
- Partisipasi aktip dalam pembuat keputusan, bukan pasif dan (kemudian) memakai saran dari luar
- Berbagi kebersamaan untuk mendapatkan teknologi tepat guna, bukan *technology transfer.*
- Pemakaian pengetahuan/ilmu lokal dan ilmiah beriringan (simultan), bukan suatu pemakaian yang *exclusive.*
- Belajar yang saling menguntungkan, bukan *we know what is best.*
- Kontrol internal, bukan eksternal.
- Penciptaan tim sukses, bukan *controlled by elites.*

Dalam ruang darat gerakan dinamis air dari gunung ke laut secara alami melalui proses gravitasi akan melewati beberapa daerah, kawasan atau wilayah dengan berbagai kondisi baik geografis, geologis, topografis, tata guna lahan dll. Gerakan air dan kondisi ruang darat akan saling mempengaruhi. Pada lahan dengan vegetasi yang lebat air akan terhambat aliran permukaannya dan air akan mempunyai kesempatan untuk infiltrasi ke dalam tanah. Dalam ruang udara, proses air terkait dengan *global warming* berpengaruh terhadap rauang darat dan ruang laut. Di ruang laut sumber evaporasi ke ruang udara, persoalan di antara ruang laut dan ruang darat yaitu daerah pantai/pesisir.

Keseimbangan gerakan air dari ruang darat, ruang laut dan ruang udara dikenal dengan siklus hidrologi seperti ditunjukkan dalam Gambar-Gambar 1-1 dan 1-13.

Penataan Ruang dan Pengelolaan Sumber Daya Air adalah saling tergantung dan saling mempengaruhi. Oleh karena itu dalam integrasi dan harmoni antara Penataan Ruang dan Pengelolaan Sumber Daya Air perlu memperhatikan beberapa substansi penting berikut ini (Albertson, 1999):

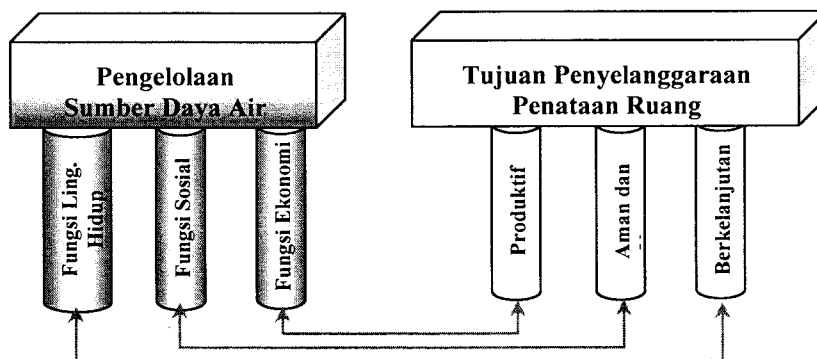
- *environmental sustainability*: perlindungan lingkungan yang berkelanjutan untuk generasi mendatang, tujuan utama adalah air tidak hanya *renewable* (terbarukan) namun dapat *sustainable* (berkelanjutan).
- *economic sustainability*: setiap pengembangan viable secara ekonomi.

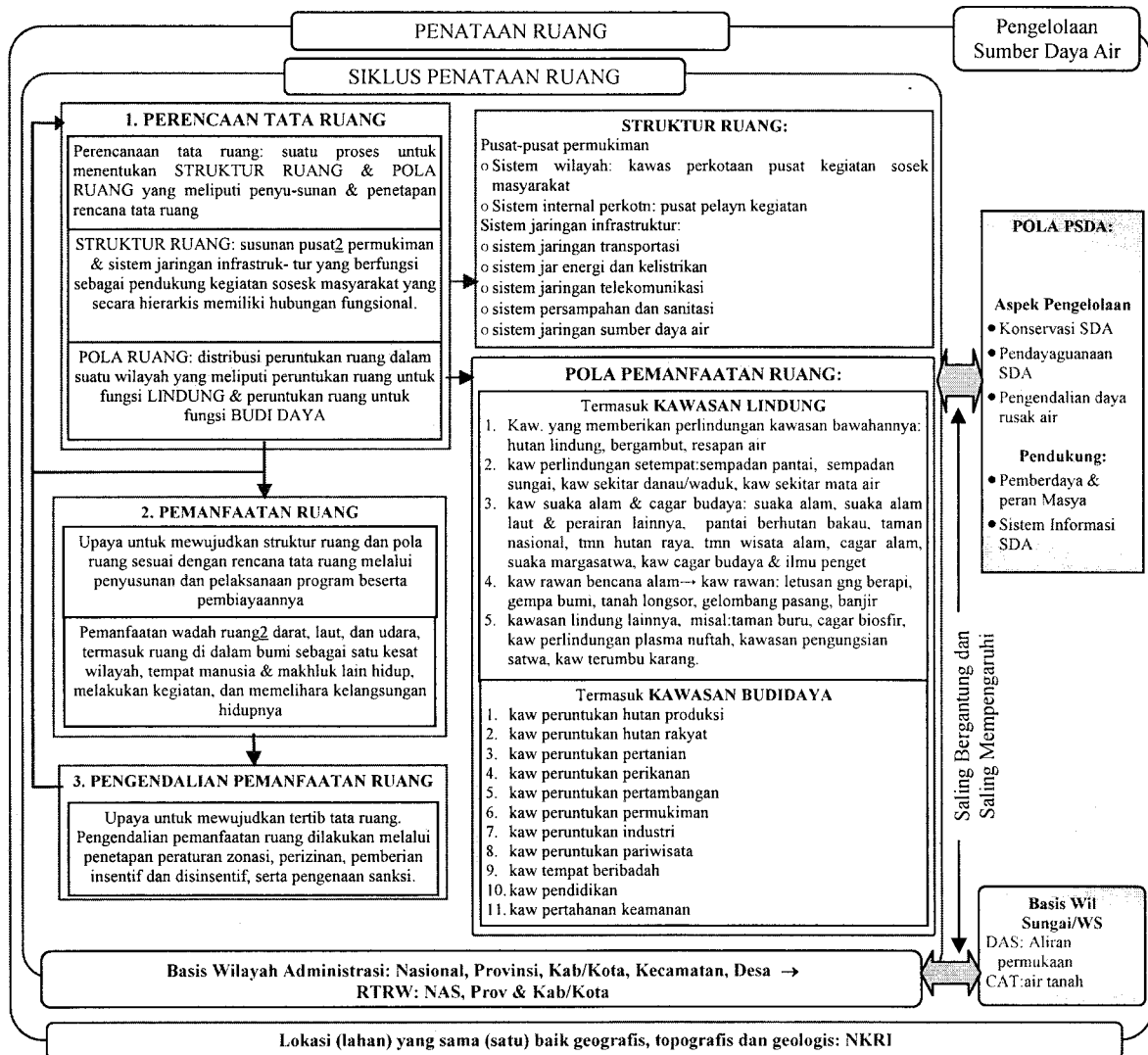
- *socio–cultural sustainability*: setiap inovasi harus harmoni antara pengetahuan lokal sosial & budaya, praktek, pengetahuan (sains) dan teknologi tepat guna.
- *political sustainability*: *link* birokrasi (pemerintahan) dan masyarakat. Para pemimpin formal dan informal untuk suatu sektor tertentu dalam masyarakat lokal harus mampu menjalin komunikasi dengan struktur-struktur politik dan birokrasi. *Missing link* terjadi karena tidak adanya perantara (*interface*).
- tekonologi tepat guna.

Mengacu kepada UU No 7 Tahun 2004 dan UU No 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang, maka ada kesamaan dasar antara Pengelolaan Sumber Daya Air maupun penyelenggaraan tata ruang seperti ditunjukkan dalam Gambar 10-6.

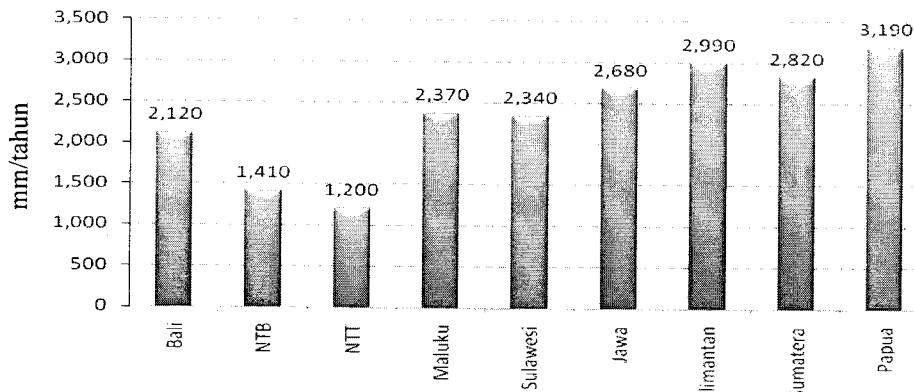
Sumber daya air mempunyai fungsi sosial yang berarti kepentingan umum lebih diutamakan daripada kepentingan individu. Pilar lingkungan hidup berarti bahwa sumber daya air menjadi bagian dari ekosistem sekaligus sebagai tempat kelangsungan hidup flora dan fauna, dan pilar ekonomi berarti bahwa sumber daya air dapat didayagunakan untuk menunjang kegiatan usaha yang diselenggarakan dan diwujudkan secara selaras.

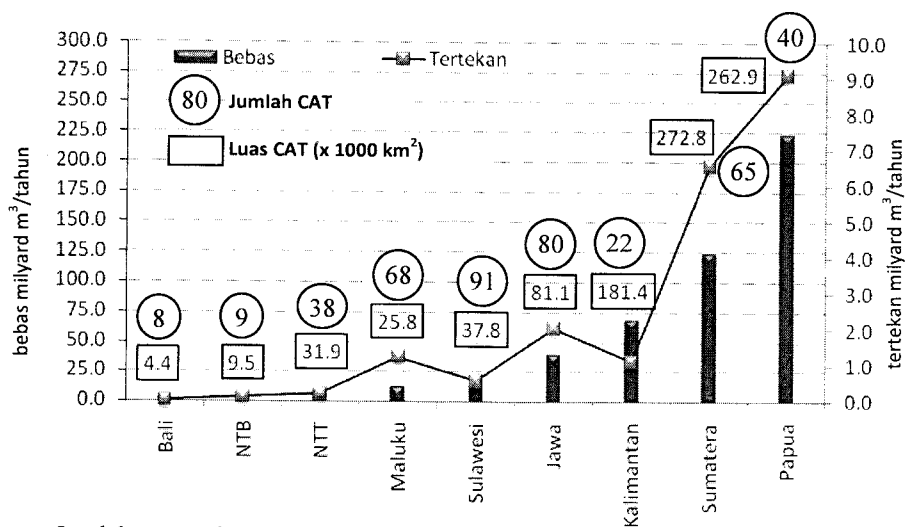
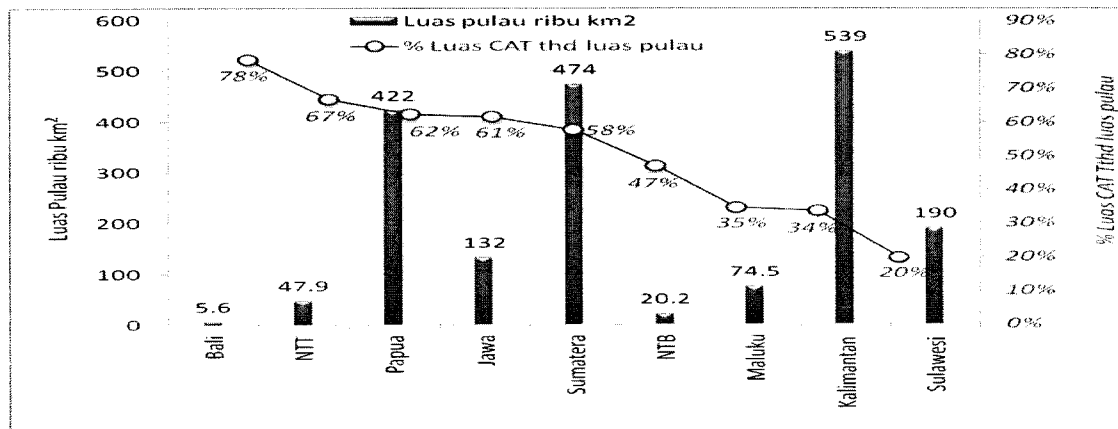
Sedangkan pengertian aman, nyaman, produktif dan berkelanjutan ditunjukkan dalam tujuan Penataan Ruang seperti ditunjukkan dalam Gambar 10-6.

Secara simultan penentuan Rencana Tata Ruang Wilayah dan Pengelolaan Sumber Daya Air harus dilakukan bersama. Keterkaitan antara Penyelenggaran Penataan Tata Ruang dan Pola Pengelolaan Sumber Daya Air merupakan hal yang mutlak untuk pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan. Di dalam hubungan masing-masing bagian (aspek) dari penataan ruang maupun PSDA perlu dikompromikan dalam bentuk kesepakatan dan kesepahaman yang sama.

Gambar 10-6. Kesamaan dasar dalam pengelolaan sumber daya air dan penataan ruang (Kodoatie dan Sjarief, 2007)

Sebagai contoh Wilayah Sungai (termasuk DAS maupun CAT) dalam PSDA harus ditransformasikan dan diekivalensikan dengan Wilayah Administrasi Penataan Ruang. Dengan dem[illegible] didapat hubungan harmonis antara Penataan Ruang dan Pengelolaan Sumber Daya Air. Secara ga[illegible]s [illegible] hubungan detail aspek-aspek Penataan Ruang dan Pola PSDA ditunjukkan dalam Gambar 10-7.

Gambar 10-7. Hubungan Penataan Ruang dan Pengelolaan SD Air (UU No. 26 Tahun 2007; UU No 7 Tahun 2004 modifikasi oleh Kodoatie & Syarief, 2007b; Kodoatie, 2008c)

10.5 Harmoni Air Permukaan dan Air Tanah

Sumber utama air permukaan dan air tanah adalah hujan yang terjadi dalam setahun. Tinggi curah hujan tiap tahun untuk beberapa pulau di Indonesia ditunjukkan dalam Gambar 10-8.

Gambar 10-8. Tinggi curah hujan di tiap pulau (mm/tahun) (Ditjen Pengairan, 1986; Mock,1973; JICA, 1992)

Data Tabel 5-6 dalam bentuk diagram ditunjukan dalam Gambar 10-9.

a. Jumlah, potensi CAT baik untuk akuifer bebas dan tertekan

b. Luas pulau dan % luas CAT untuk akuifer bebas

Gambar 10-9. Potensi air tanah pada CAT (milyard m3/tahun) dan luas CAT di Indonesia per Pulau

Dari Tabel 5-6 dan Gambar 10-9a dapat diketahui bahwa potensi air tanah pada CAT di Indonesia paling banyak terdapat pada pulau-pulau yang besar. Pulau Bali mempunyai CAT terkecil baik dilihat dari potensi air tanah, jumlah dan luas CAT namun % Luas CATnya terhadap luas pulau terbesar (Gambar 10-9b).

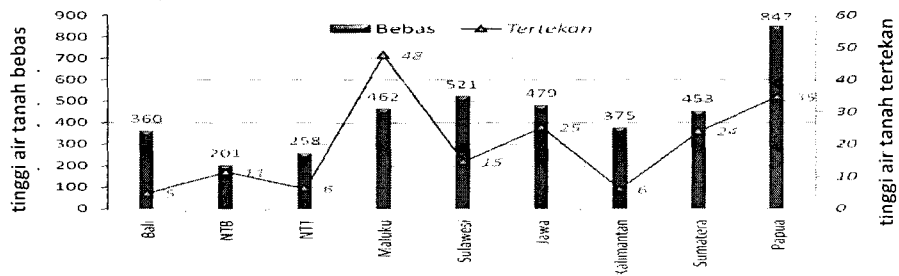
Potensi air tanah terbesar di Pulau Papua dan jumlah CAT terbesar di Sulawesi. Namun dari dari Gambar 10-9b dapat dilihat bahwa % luas CAT tidak berbanding lurus dengan luas pulau. Walaupun luas Pulau Bali adalah yang terkecil namun % luas CAT terhadap luas pulau adalah yang terbesar yaitu sebesar 78% yang berarti bahwa sebagian besar Pulau Bali adalah CAT dan luas Non-CATnya hanya 22%. Berikutnya adalah Pulau NTB (67%) dan Pulau Papua (62%). Hal ini (dominan) disebabkan oleh sejarah geologi, karakter, kegempaan dan litologinya. Pulau Bali dan Pulau NTB lebih cenderung akibat pembentukan dan produk sedimen dari Gunung Agung di Pulau Bali, Gunung Rinjani dan Gunung Tambora di Pulau NTB serta gunung lainnya (Dirmawan, 2009a).

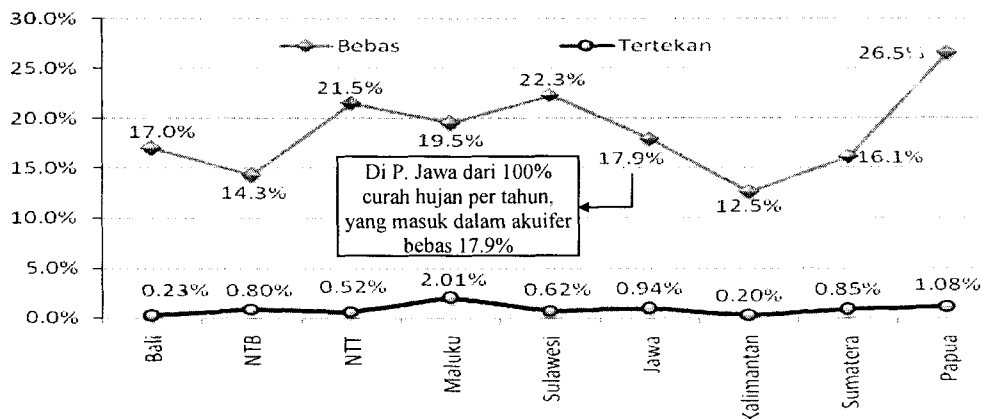
Pulau Kalimantan disebut bagian dari perisai benua (*craton*) dengan batuan *bed rock* sudah tua dan sudah sangat *consolidated* dan *compact* sehingga tidak memungkinkan terbentuknya akuifer di tengah pulau. *Craton* (inti benua) atau *shield* atau perisai atau adalah bagian masif suatu benua yang umumnya disusun oleh kerak granitik, merupakan bagian benua yang paling tua, dari mana inti benua berasal. Kemudian, oleh proses tektonik, benua itu tumbuh semakin luas ke arah luarnya melalui berbagai macam kerak batuan yang menyambung di sisi luarnya yang disebut proses akresi (Dirmawan, 2009a; Awang, 2009).

Cekungan sedimen umumnya terletak di tepi-tepi benua tersebut. Cekungan sedimen tersebut bisa sebagai wadah CAT dan umumnya di Pulau Kalimantan hanya terbentuk di daerah pantai. Di samping di daerah pantai yang terdapat muara tempat terbentuknya sedimen-sedimen muda dan juga terdapat di tengah pulau yang morfologi purba tidak rata, sehingga terbentuk CAT yang berupa sedimen hasil erosi morfologi yang tua di antara perbukitan tapi tidak luas (Dirmawan, 2009a; Awang, 2009; Pusat Lingkungan Geologi, 2009). Sedangkan Pulau Sulawesi karena sejarah pembentukannya berasal dari

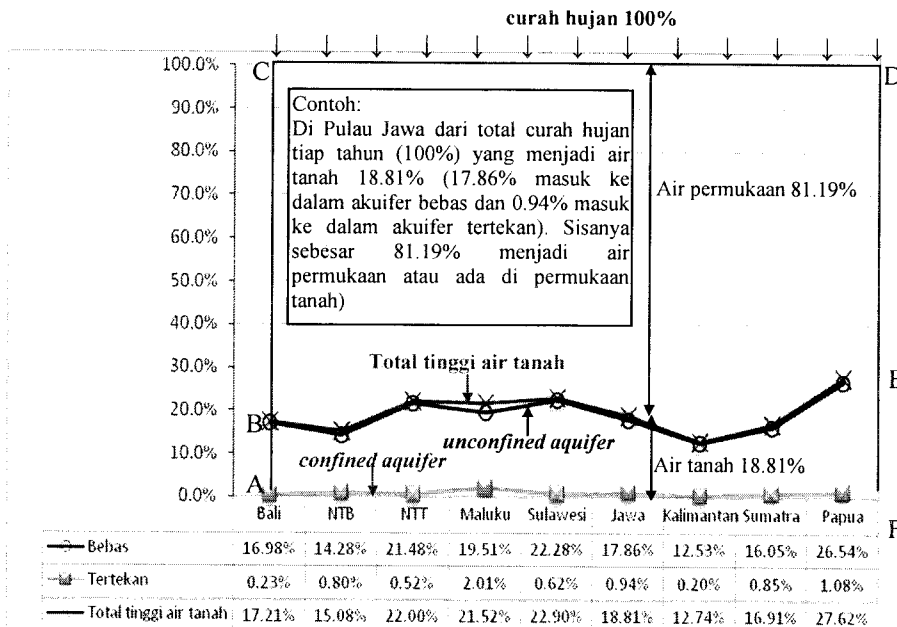
beberapa lempeng maka dominan batuan (kedap air) besar sehingga umumnya CAT berada di pinggir pantai (Pusat Lingkungan Geologi, 2009; Hall, 1995).

Jumlah, luas dan potensi air tanah tiap cekungan air tanah tidak sama, tergantung dari kondisi hidrogeologis setempat. Umumnya pada pulau-pulau kecil seperti Nusa Tenggara dan Maluku dijumpai luas CAT yang cukup sempit, sedangkan di Papua, Sumatera dan Kalimantan banyak dijumpai CAT yang memiliki luas dan potensi yang besar. Di Pulau Maluku, Jawa dan Sulawesi, mempunyai jumlah CAT yang cukup banyak namun luas dan potensi air tanahnya tidak begitu besar jika dibandingkan dengan Pulau-Pulau Papua, Sumatra dan Kalimantan.

Dengan melihat Tabel 5-6, dengan asumsi akuifer bebas dan akuifer tertekan dianggap mengisi seluruh luasan CAT maka potensi ketinggian air tanah untuk masing-masing akuifer di beberapa pulau ditunjukkan dalam Gambar 10-10.

Gambar 10-10. Potensi ketinggian air pada akuifer bebas dan tertekan (mm/tahun)

Melihat Gambar 10-8 dan Gambar 10-10, maka perbandingan potensi tinggi air tanah baik dalam akuifer bebas maupun akuifer tertekan dengan rata-rata tinggi curah hujan tiap tahun ditunjukkan dalam Gambar 10-11.

Gambar 10-11. Prosentase air tanah dalam akuifer tertekan dan akuifer bebas dibandingkan dengan tinggi curah hujan tiap tahun

Gambar10-11 bila digabungkan dengan Gambar 10-8, maka dapat diketahui ratio ketinggian air dalam CAT dengan curah hujan per tahun dan ditunjukkan dalam Gambar 10-12.

	Bali	NTB	NTT	Maluku	Sulawesi	Jawa	Kalimantan	Sumatra	Papua
Bebas	16.98%	14.28%	21.48%	19.51%	22.28%	17.86%	12.53%	16.05%	26.54%
Tertekan	0.23%	0.80%	0.52%	2.01%	0.62%	0.94%	0.20%	0.85%	1.08%
Total tinggi air tanah	17.21%	15.08%	22.00%	21.52%	22.90%	18.81%	12.74%	16.91%	27.62%

Gambar 10-12. Ketinggian air tanah dan air permukaan

Gabungan air permukaan dan air tanah dibandingkan dengan air hujan setiap tahun untuk tiap pulau ditunjukkan dalam Gambar 10-13.

	NTB	Kalimantan	NTT	Bali	Sumatra	Jawa	Maluku	Papua	Sulawesi
Akuifer bebas	14.28%	12.53%	21.48%	16.98%	16.05%	17.86%	19.51%	26.54%	22.28%
Akuifer tertekan	0.80%	0.20%	0.52%	0.23%	0.85%	0.94%	2.01%	1.08%	0.62%
Total tinggi air tanah	15.08%	12.74%	22.00%	17.21%	16.91%	18.81%	21.52%	27.62%	22.90%
aliran mantap + AT	22.17%	24.28%	26.16%	29.23%	29.86%	32.15%	33.86%	41.65%	53.39%
Aliran mantap	7.09%	11.55%	4.17%	12.02%	12.95%	13.34%	12.34%	14.03%	30.49%
Run-off yang terbuang	*77.83%*	*75.72%*	*73.84%*	*70.77%*	*70.14%*	*67.85%*	*66.14%*	*58.35%*	*46.61%*

Keterangan gambar:

ABGH	=	Tinggi air tanah dalam CAT (tinggi akuifer bebas + tinggi akuifer tertekan)
BCFG	=	Tinggi aliran mantap di permukaan
CDEF	=	Tinggi *run-off* yang terbuang
BCDEFG	=	Tinggi air permukaan (tinggi aliran mantap + *run-off* yang terbuang)

Aliran mantap adalah aliran yang tertampung di permukaan tanah (danau, waduk, situ, daerah retensi, dll.) yang dimanfaatkan sebagai cadangan air di musim kemarau

Contoh: Di Pulau Jawa dari total curah hujan 100% tiap tahun yang:
- menjadi air tanah 18.81% (17.86% masuk ke dalam akuifer bebas & 0.94% akuifer tertekan).
- menjadi air permukaan 81.19% terdiri atas:
  - ~ aliran mantap 13.34%
  - ~ air permukaan/*run-off* yang terbuang ke laut 67.85%, di beberapa tempat terjadi banjir di musim hujan

Gambar 10-13. Perbandingan air permukaan, air mantap, air tanah dengan curah hujan setiap

Daerah CDEF adalah kelebihan air yang menjadi *run-off* dan umumnya langsung mengalir ke laut. Dari Gambar 10-13 nampak bahwa kelebihan air hujan hampir seluruh pulau-pulau besar menjadi *run-off* (Daerah CDEF) jauh lebih besar daripada yang tersimpan di dalam tanah (air tanah) dan permukaan tanah (air mantap).

Secara tak langsung CDEF juga menjelaskan secara implisit bencana banjir yang terjadi di pulau-pulau besar tersebut, karena air hujan yang tertampung di dalam tanah maupun di muka tanah jauh lebih kecil dibanding dengan air permukaan.

Salah satu tujuan utama dari keharmonisan pengelolaan sumber daya air dan penataan ruang dan aspek-aspek penting lainnya pada prinsipnya adalah upaya memperkecil daerah CDEF dalam Gambar 10-13. Dengan kata lain adalah melakukan upaya memperbesar daerah BCFG untuk air permukaan dan daerah ABGH untuk air tanah dalam Gambar 10-13.

Semakin kecil daerah CDEF → semakin besar daerah BCFG dan daerah ABGH berarti akan mengurangi *run-off* sekaligus menambah resapan air ke dalam tanah atau mengurangi bencana banjir di musim penghujan sekaligus meningkatkan ketersediaan air yang berarti memperkecil bencana kekeringan di musim kemarau. Tata guna lahan dan sumber daya air saling mempengaruhi. Hal ini sudah dijelaskan dalam Gambar 2-1, Gambar 5-26 sampai dengan Gambar 5-29.

Dari Gambar 10.13 terlihat juga bahwa air hujan terkontribusi menjadi:

- Air tanah : 13% – 28% (akan menjadi *base flow* di sistem sungai)
- Air mantap : 4% – 30%
- *Run-off* terbuang : 47% – 78% (langsung ke laut pada musim penghujan).

Walau secara kuantitas curah hujan yang terjadi sepanjang tahun cukup besar, namun sebagian besar *run-off* terus mengalir dan terbuang percuma ke laut. Akibatnya di musim hujan terjadi banjir yang signifikan di beberapa daerah sebagai dampak dari perubahan tata guna lahan tersebut.

Semakin banyak daerah yang kedap air maka semakin besar *run-off* yang terjadi. Gambar-Gambar 5-26 s/d 5-29 menjelaskan kenaikan *run-off* yang signifikan akibat perubahan *land-use*. Sebaliknya banyak dijumpai di beberapa daerah pada musim kemarau tidak ada aliran permukaan (aliran mantap). Banyak sungai yang kering, air di danau, waduk, situ-situ, embung dll. menyusut drastis. Dalam hal ini maka peran air tanah menjadi sangat vital dalam rangka pemenuhan kebutuhan air di musim kemarau. Dapat dikatakan bahwa saat air permukaan tidak ada pada musim kemarau maka andalan untuk pemenuhan kebutuhan air adalah air tanah.

Kondisi saat ini adalah potensi air permukaan dan air tanah di banyak daerah cenderung turun terutama di kota-kota besar karena perubahan tata guna lahan yang cepat (sebagai penyebab utama).

Perlu juga dipahami Daerah CAT dan Daerah Non-CAT seperti uraian dalam Sub-Bab 5-10. Pada Daerah CAT ada daerah imbuhan atau daerah konservasi (kawasan lindung) dan daerah lepasan atau daerah pendayagunaan air tanah (kawasan budidaya). Sedangkan di daerah Non-CAT, semua air hujan menjadi air permukaan.

10.6 Harmoni Batas Administrasi dan Batas Teknis

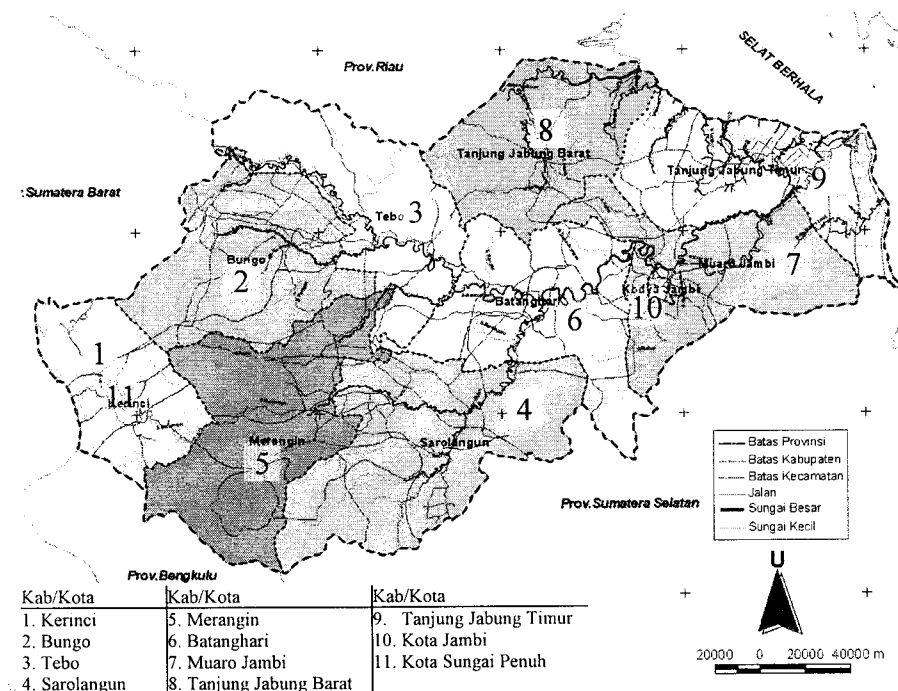
Dalam penataan ruang, batas administrasi dipakai sebagai dasar untuk membedakan wilayah administrasi dengan hirarki: nasional, prov, kab/kota, kecamatan, desa/kelurahan, rukun warga (RW), dan rukun tetangga (RT). Umumnya dengan mudah masyarakat mengetahui batas administrasi tersebut.

Batas administrasi berbeda dengan batas teknis hidrologi. Batas hidrologi ditentukan berdasarkan air mengalir secara gravitasi di suatu lokasi dengan melihat perbedaan topografi yang pada prinsipnya dibagi dalam daerah aliran sungai (DAS) untuk air permukaan. Sedangkan untuk aliran air tanah batas alirannya ditentukan berdasarkan cekungan air tanah (CAT) yang dibagi lagi menjadi akuifer tertekan (*confined aquifer*) dan akuifer bebas (*unconfined aquifer*). Uraian tentang Wilayah Sungai (WS) untuk kumpulan beberapa DAS, DAS dan CAT sudah dijelaskan di awal Bab 5. Di samping itu perlu dipahami daerah

bukan CAT (Non-CAT) yang dikaitankan dengan Sumber Daya Air karena berpengaruh kepada ketiga aspek PSDA dan kawasan lindung serta kawasan budidaya dalam Pola Ruang seperti telah diuraikan dalam Sub-Bab 5.10.2.

Untuk pengelolaan sumber daya air dan penataan ruang yang harmoni pada prinsipnya harus mengkombinasi batas-batas administrasi dan teknis yang jelas dengan salah satu caranya adalah meng-*overlay* peta-peta batas administrasi dan batas teknis menjadi satu kesatuan peta kombinasi yang sinergis. Dengan peta tersebut maka tindakan-tindakan untuk mengharmonikan pengelolaan sumber daya air dan penataan ruang dapat dilakukan.

Sebagai contoh kasus *overlay* peta-peta adalah Prov Jambi. Provinsi ini terdiri atas 9 kabupaten dan 2 kota, yaitu: Kabupaten-Kabupaten 1. Kerinci, 2. Bungo, 3. Tebo, 4. Sarolangun, 5. Merangin, 6. Batanghari, 7. Muaro Jambi, 8. Tanjung Jabung Barat, 9. Tanjung Jabung Timur, 10. Kota Jambi dan Kota Sungai Penuh. Batas administrasi ditunjukkan dalam Gambar 10-14.

Kab/Kota	Kab/Kota	Kab/Kota
1. Kerinci	5. Merangin	9. Tanjung Jabung Timur
2. Bungo	6. Batanghari	10. Kota Jambi
3. Tebo	7. Muaro Jambi	11. Kota Sungai Penuh
4. Sarolangun	8. Tanjung Jabung Barat	

Gambar 10-14. Peta Administrasi Provinsi Jambi (BPS Provinsi Jambi, 2007)

Gambar 10-15 menunjukkan batas provinsi, cekungan air tanah (CAT) dan wilayah sungai (WS). *Overlay* antara batas administrasi dan batas teknis (hidrologi).

a. Batas Provinsi, Cekungan air tanah (CAT) dan wilayah sungai (WS)

Keterangan gambar:
- Angka 1 s/d 11 menunjukkan 9 kabupaten dan 2 kota di Prov. Jambi seperti ditunjukkan dalam Gambar 10-13
- Wilayah Sungai Batanghari terdiri atas DAS-DAS: Btg.Hari; Tungkal; Bentaro; Mandahara; Lagan; Air Hutan; Jujuhan; Siat; Timpeh; Kuko; Pangean; Momong; Sipotar; Sangir; Talantam; Bangko; Gumanti; Pinti Kayu; Pkl.Duri Besar terdiri atas dua provinsi yaitu Prov. Jambi dan Prov.Sumatera Barat (Peraturan Menteri PU No. 11 Tahun 2006) dengan batas administrasinya dengan Provinsi-Provinsi SumSel, Bengkulu dan Riau.

b. *Overlay* antara batas administrasi dan batas teknis (hidrologi)

Gambar 10-15. WS Batanghari dengan batas-batas teknis dan administrasinya (BPS Provinsi Jambi, 2007; Satker BWS Sumatra VI, 2008; PerMen PU No. 11A, 2006)

Dari Gambar 10-15 diketahui bahwa batas yang diacu untuk penataan ruang dan pengelolaan sumber daya air berbeda. Untuk masing-masing kajian batas-batas tersebut yang diacu. Untuk harmonisasinya maka ketika Pola Pengelolaan Sumber Daya Air sudah ditentukan, batas teknis sebaiknya diekivalensikan ke batas administrasi. Hal ini disebabkan pada kondisi riil di lapangan batas teknis sulit ditentukan (lebih bersifat imajiner) dan tidak semua pihak memahami batas teknis tersebut. Bahkan untuk batas CAT samasekali tak bisa dilihat di permukaan tanah. Batas ini lebih ditentukan dengan melakukan intepretasi dan kajian geologi, hidrogeologi dan geomorfologi fluvial.

Namun untuk batas administrasi di lapangan mudah ditentukan, karena untuk kepemilikan lahan maka setiap orang akan tahu batas-batas kepemilikannya dengan pembagian wilayah administrasi berherarki mulai dari: provinsi, kabupaten/kota, kecamatan, kelurahan/desa, rukun warga (RW), rukun tetangga (RT) sampai kepemilikan pribadi.

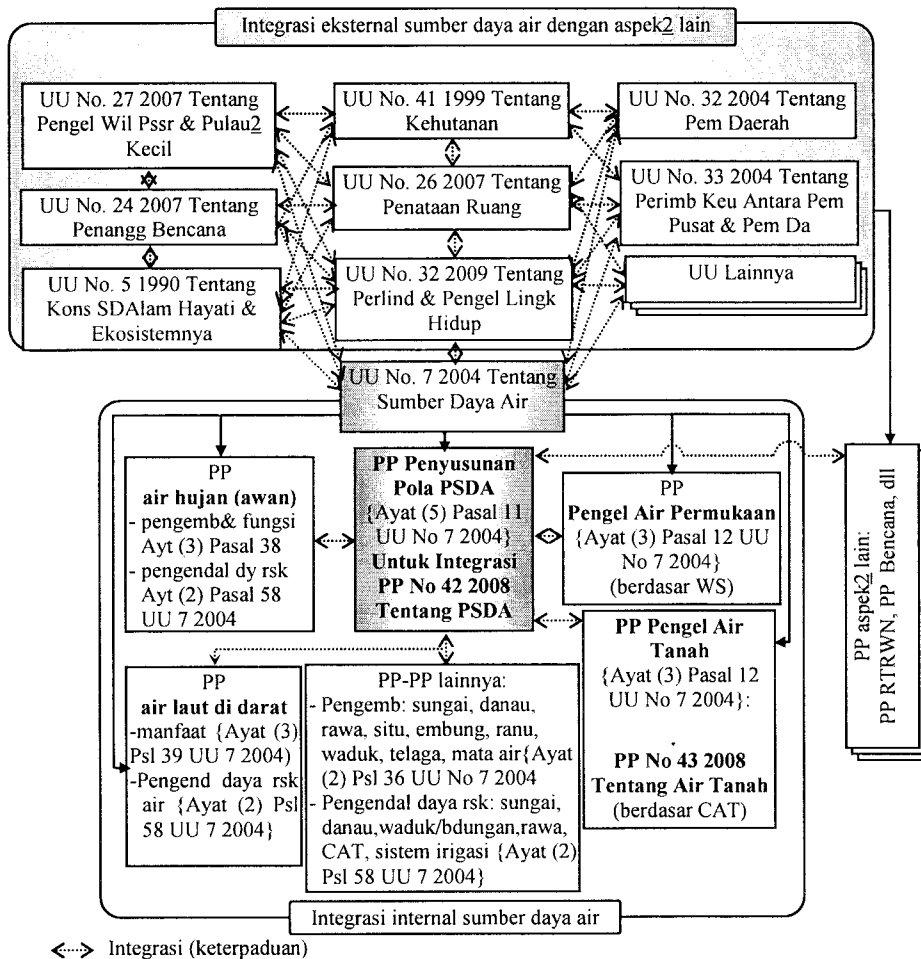
Dengan acuan ketentuan yang dibuat dalam Pola Pengelolaan Sumber Daya Air maka transformasi batas teknis ke batas administrasi akan memberikan kemudahan dalam upaya harmonisasi dan integrasi antara pengelolaan sumber daya air dengan penataan ruang dan aspek-aspek lainnya seperti kehutanan, wilayah pesisir (*coastal cell*) dan lainnya.

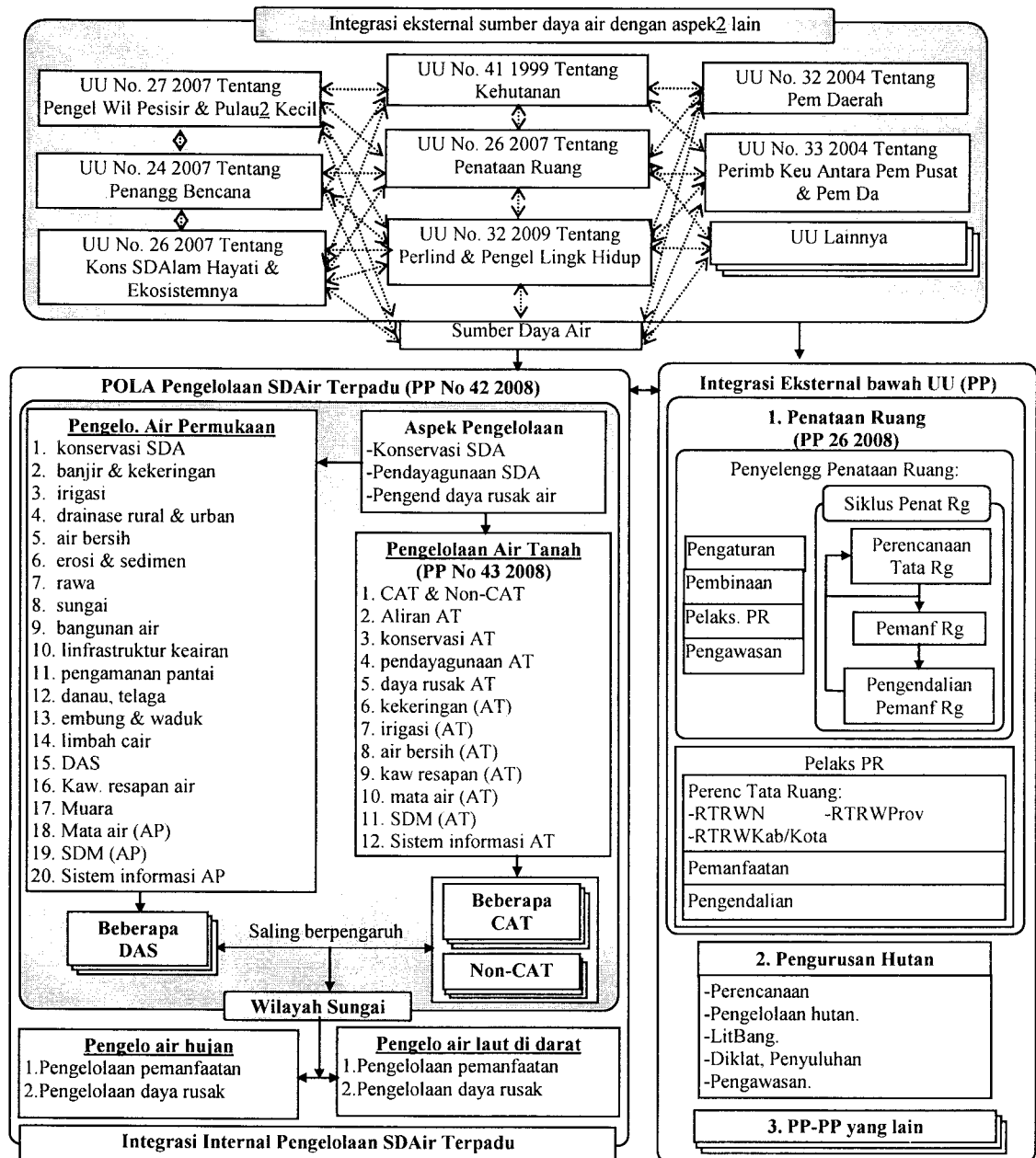
10.7 Harmoni Dan Keterkaitan Antar Aspek Berdasarkan Perundang-undangan

Sumber Daya Air dalam Tata Ruang menyangkut berbagai aspek dalam 3 dimensi (ruang) dan waktu. Banyak sekali peraturan perundangan yang terkait baik secara langsung maupun tak langsung untuk pengelolaan sumber daya air dalam penataan ruang, diantaranya:

1. UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air.
2. UU No. 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang.
3. UU No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah.
4. UU No. 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir & Pulau2 Kecil.
5. UU No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
5. UU No. 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.
6. UU No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.
7. UU No. 25 Tahun 2004 Tentang Sistem Perencanaan Pembangunan Nasional.
8. UU No. 32 Tahun 2004 Tentang Pemerintahan Daerah.
9. UU No. 33 Tahun 2004 Tentang Perimbangan Keuangan Antara Pem Pusat & Pem Daerah.
10. UU No. 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan.
11. UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi SDAlam Hayati dan Ekosistemnya
12. UU lainnya.
13. PP No. 42 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sumber Daya Air.
14. PP No. 43 Tahun 2008 Tentang Air Tanah.
15. PP No. 38 Tahun 2007 Tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Antara Pemerintah, Pem Daerah Provinsi dan Pem Daerah Kabupaten/Kota.
16. PP No. 20 Tahun 2006 Tentang Irigasi.
17. PP No. 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
18. Rancangan Peraturan Pemerintah (RPP) Tentang Sungai.
19. RPP Tentang Rawa.
20. RPP Tentang Bendungan.

21. PP No 26 Tahun 2008 Tentang RTRWN.
22. PP Lainnya.

Keterkaitan antar peraturan perundangan tersebut diilustrasikan dalam Gambar 10-16.

Gambar 10-16. Integrasi antar peraturan perundangan tiap aspek secara internal dan eksternal dengan acuan Undang-Undang (UU No 7 Tahun 2004; PP 42 Tahun 2007; PP 43 Tahun 2007; Kodoatie, 2008c; Danaryanto, 2008)

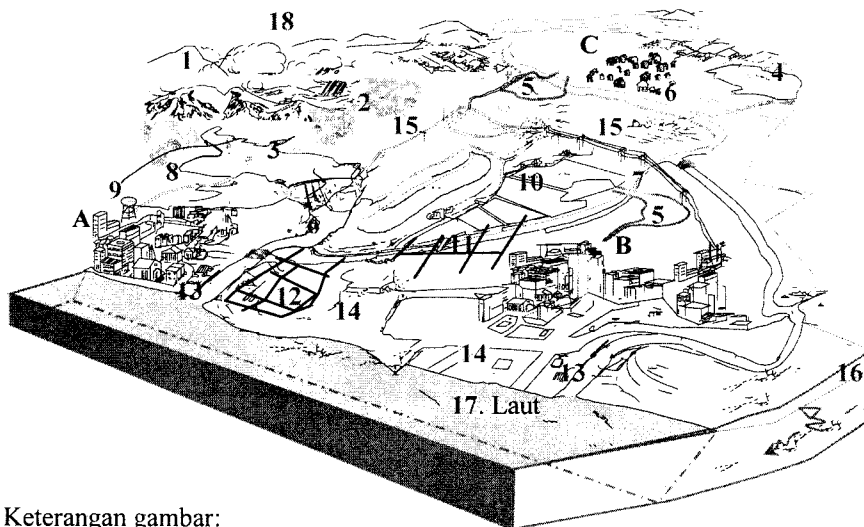
Untuk integrasi antar peraturan di bawah Undang-Undang ditunjukkan dalam Gambar 10-17.

Gambar 10-17. Integrasi antar tiap aspek secara internal dan eksternal dengan acuan peraturan di bawah Undang-Undang

Selain peraturan perundangan tersebut, maka masih ada peraturan perundangan yang dibuat sebagai kelanjutannya secara herarkis. Herarki instrumen pengatur yang berlaku adalah seperti ditunjukkan dalam Tabel 10-4.

Tabel 10-4. Herarki Instrumen Pengatur

No.	Instrumen Pengatur	Kedudukan/Herarki	Berlaku
1	Undang-Undang Dasar (UUD)	1	Nasional
2	Ketetapan MPR (Tap MPR)	1	Nasional
3	Undang-Undang (UU)	2	Nasional
4	Peraturan Pemerintah Pengganti UU (Perpu)	2	Nasional
5	Peraturan Pemerintah (PP)	3	Nasional
6	Peraturan Presiden (PerPres)	4	Nasional
7	Keputusan Presiden (KepPres)	4	Nasional
8	Instruksi Presiden (InPres)	4	Nasional
9	Peraturan Menteri (PerMen)	5	Nasional
10	Keputusan Menteri (KepMen)	5	Nasional
11	Peraturan Daerah Provinsi (PerDa Prov)	6	Provinsi
12	Peraturan Gubernur (PerGub)	7	Provinsi
13	Surat Keputusan Gubernur (SK Gub)	7	Provinsi
14	Instruksi Gubernur (InGub)	7	Provinsi
15	Peraturan Daerah Kab/Kota (Perda Kab/Kota)	8	Kab/Kota
16	Surat Keputusan (SK) Bupati/Walikota,	9	Kab/Kota
17	Peraturan Bupati/Walikota, Instruksi Bupati/Walikota	9	Kab/Kota

Di samping instrumen pengatur yang legal secara hukum juga dibuat norma, standar, pedoman, manual, prosedur, baku mutu dan kriteria yang dipakai sebagai salah satu referensi dalam pengelolaan sumber daya air.

Secara sederhana sumber daya air dan beberapa yang terkait diilustrasikan dalam Gambar 10-18.

Keterangan gambar:

A. Kota Pantai	5. Embung/Waduk kecil/situ2	12. Tambak
B. Kota	6. Sungai	13. Muara/estuari
C. Desa	7. Kanal/Saluran	14. Daerah pantai/pesisir
1. Gunung	8. Pipa transmisi air bersih	15. Jari listrik dari PLTA waduk
2. Hutan	9. *Water Treatment Plant (WTP)*	16. Aliran air tanah
3. Waduk	10. Sawah (daerah irigasi)	17. Laut
4. Danau /telaga	11. Rawa	18. Udara

Gambar 10-18. Ilustrasi sederhana sumber daya air dan hal-hal yang terkait

Peraturan perundangan yang terkait dengan sumber daya air ditunjukkan dalam Tabel 10-5 dan Tabel 10-6.

Tabel 10-5. UU terkait dengan sumber daya air

No	UU No.	Thn	Tentang
1	2	3	4
1	7	2004	Sumber Daya Air
2	26	2007	Penataan Ruang
3	18	2008	Pengelolaan Sampah
4	27	2007	Pengelolaan Wil Pesisir & Pulau2 Kecil
5	32	2009	Perlindungan dan Pengelolaan Lingk Hidup
6	24	2007	Penanggulangan Bencana
7	25	2004	Sistem Perenc Pembang Nas
8	32	2004	PemDa
9	33	2004	Perimbangan Keuangan Antara Pem Pusat & PemDa
10	41	1999	Kehutanan
11	5	1990	Konservasi SD Alam Hayati & Ekosistemnya

Tabel 10-6. PP terkait dengan sumber daya air

No	PP No.	Thn	Tentang
1	2	3	4
I	42	2008	Pengelolaan Sumber Daya Air
II	43	2008	Air Tanah
III	38	2007	Pembag Urusan PemAntara Pem, PemDa Provinsi & PemDa Kab/Kota
IV	20	2006	Irigasi
V	16	2005	Air Minum
VI	RPP		Sungai
VII	RPP		Rawa
VIII	RPP		Bendungan
X	RPP		Danau
XI	26	2008	RTRWN

Dengan mengacu Gambar 10-18 dan Tabel 10-5 serta Tabel 10-6 maka Hubungan antara kondisi tata ruang dengan peraturan perundangan ditunjukkan Tabel 10-7

Tabel 10-7. Aspek-Aspek dan peraturan perundangannya

No	Uraian	UU/PP Utama*	UU/PP Pendukung				
a	b	c	d				
A.	Kota Pantai	2 dan 4	I	XI	8	9	11
B.	Kota	2	XI	3	8	9	1
C.	Desa	2	XI	3	8	1	
1	Gunung	6	10	5	11		
2	Hutan	10	2	1	5		
3	Waduk	VIII	1	5	10		
4	Danau /telaga	X	1	10	11	5	
5	Embung/Waduk kecil/situ	VIII	1	5			
6	Sungai	VI	1	6	5		
7	Kanal/Saluran	VI	1				
8	Pipa transmisi air bersih	V	1				
9	*Water Treatment Plant* (WTP)	V	1				
10	Sawah	IV	1	8			
11	Rawa	VII	1	5	11		
12	Tambak	VII	1	5			
13	Muara/estuari	4 dan VI	1	5			
14	Daerah pantai	4	2	1	6		
15	Jari listrik dari PLTA waduk	1	1	III			
16	Aliran air tanah	II	1	2			
17.	Laut	4	6	8	10	11	1**
18.	Udara	1***					

Keterangan Tabel 10-7:

* No dalam Kolom a merujuk pada nomor2 keterangan pada Gambar 10-18, Nomor & Angka Romawi dalam Kolom2 c dan d merujuk pada Kolom 1 Tabel 10-5 dan Kolom 1 Tabel 10-6.

** Perlu PP tentang manfaat air laut yg berada di darat {lihat Ayat (3) Pasal 39 UU No 7 2004)}.

*** Perlu PP tentang pengembangan & fungsi air hujan /awan {lihat Ayat (3) Pasal 38 UU No 7 2004)}.

10.8 Harmoni Infrastruktur Keairan Dengan Infrastruktur Lainnya

Sistem infrastruktur dapat didefinisikan sebagai fasilitas-fasilitas atau struktur-struktur dasar, peralatan-peralatan, instalasi-instalasi yang dibangun dan dibutuhkan untuk berfungsinya sistem sosial dan sistem ekonomi masyarakat (Grigg, 2000). Definisi teknik juga memberikan spesifikasi apa yang dilakukan sistem infrastruktur dan menyatakan bahwa infrastruktur adalah aset fisik yang dirancang dalam sistem sehingga memberikan pelayanan publik yang penting.

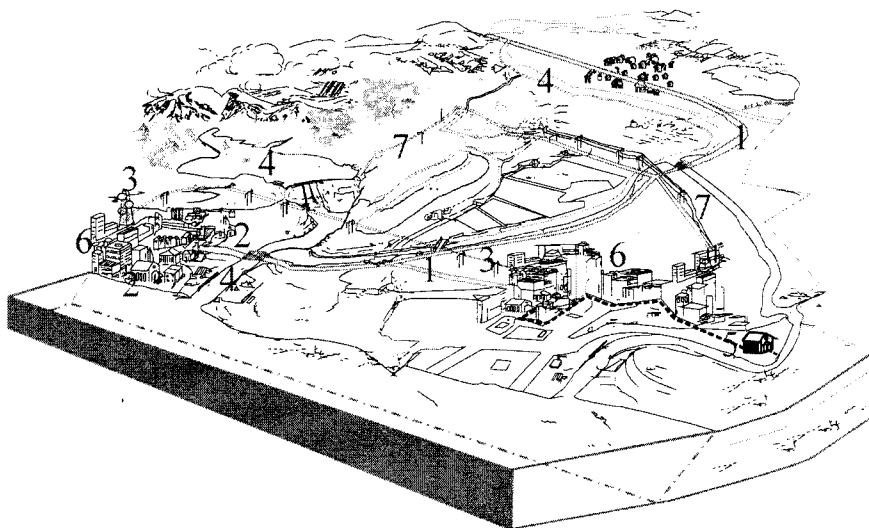
Definisi lainnya oleh *American Public Works Association* (Stone, 1974) adalah sebagai fasilitas-fasilitas fisik yang dikembangkan atau dibutuhkan oleh agen-agen publik untuk fungsi-fungsi pemerintahan dalam penyediaan air, tenaga listrik, pembuangan limbah, transportasi dan pelayanan-pelayanan similar untuk memfasilitasi tujuan-tujuan ekonomi dan sosial. Dari definisi tersebut infrastruktur dibagi dalam 13 kategori (Grigg, 1988) seperti ditunjukkan dalam Tabel 10-8.

Tabel 10-8. Infrastruktur (Grigg, 1988)

No.	Deskripsi	Terkait SD Air
1	Sistem penyediaan air: waduk, penampungan air, transmisi dan distribusi, fasilitas pengolahan air (*treatment plant*)	√
2	Sistem pengelolaan air limbah: pengumpul, pengolahan, pembuangan, daur ulang.	√
3	Fasilitas pengelolaan limbah (padat)	
4	Fasilitas pengendalian banjir, drainase dan irigasi	√
5	Fasilitas lintas air dan navigasi	√
6	Fasilitas transportasi: jalan, rel, bandar udara.	
7	Sistem transit publik	
8	Sistem kelistrikan: produksi dan distribusi (bila sumber PLTA)	√
9	Fasilitas gas alam	
10	Gedung publik: sekolah, rumah sakit	
11	Fasilitas perumahan publik	
12	Taman kota sebagai daerah resapan, tempat bermain termasuk stadion	√
13	Komunikasi	

Tiga belas kategori di atas dapat lebih diperkecil pengelompokkannya (Grigg, 1988; Grigg & Fontane, 2000) yaitu:

1. Grup transportasi (jalan, jalan raya, jembatan).
2. Grup pelayanan transportasi (transit, bandara, pelabuhan).
3. Grup komunikasi.
4. Grup keairan (air, air buangan, sumber air, sistem infrastruktur keairan, termasuk jalan air yaitu sungai, saluran terbuka, pipa).
5. Grup pengelolaan limbah (sistem pengelolaan limbah padat).
6. Grup bangunan.
7. Grup distribusi dan produksi energi.

Hubungan masing-masing grup dilukiskan dalam Gambar 10-19.

Gambar 10-19. Sistem Infrastruktur dalam pengelompokkan (Grigg, 1988; Grigg & Fontane, 2000; Kodoatie, 2005a)

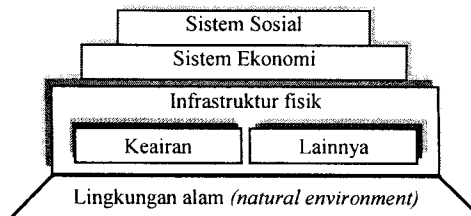
Komponen-komponen infrastruktur dan hal-hal yang terkait yang tercakup dalam Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT) pada saat program tersebut dikembangkan Tahun 1985 dan yang menjadi tanggung jawab Departemen Pekerjaan oleh Umum, ditunjukkan dalam Tabel 10-9.

Tabel 10-9. Komponen-komponen infrastruktur dan yang terkait dalam P3KT (Rukmana dkk., 1992)

No.	Komponen Infrastruktur dan yang terkait	No.	Komponen Infrastruktur dan yang terkait
1.	Perencanaan Kota	8.	Persampahan
2.	Peremajaan Kota	9.	Pengendalian Banjir
3.	Pembangunan Kota Baru	10.	Perumahan
4.	Jalan Kota	11.	Perbaikan Kampung
5.	Air Bersih	12.	Perbaikan Prasarana
6.	Drainase	13.	Kawasan Pasar
7.	Air Limbah		Rumah Sewa

Berdasarkan UU No. 26 Tahun 2007, struktur ruang terdiri atas susunan pusat-pusat permukiman dan sistem jaringan prasarana dan sarana (infrastruktur) yang berfungsi sebagai pendukung kegiatan sosial ekonomi masyarakat yang secara hierarkis memiliki hubungan fungsional. Sistem jaringan infrastruktur terdiri atas:

- sistem jaringan transportasi
- sistem jaringan energi dan kelistrikan
- sistem jaringan telekomunikasi
- sistem persampahan dan sanitasi
- sistem jaringan sumber daya air

Sebagai salah satu konsep pola pikir dalam Gambar 10-20 diilustrasikan diagram sederhana bagaimana peran infrastruktur keairan. Diagram ini menunjukkan bahwa secara ideal lingkungan alam merupakan pendukung dari sistem infrastruktur, dan sistem ekonomi didukung oleh sistem infrastruktur. Sistem sosial sebagai obyek dan sasaran didukung oleh sistem ekonomi.

Gambar 10-20. Hubungan antara sistem sosial, ekonomi, infrastruktur dan lingkungan alam yang harmoni (Grigg, 1988)

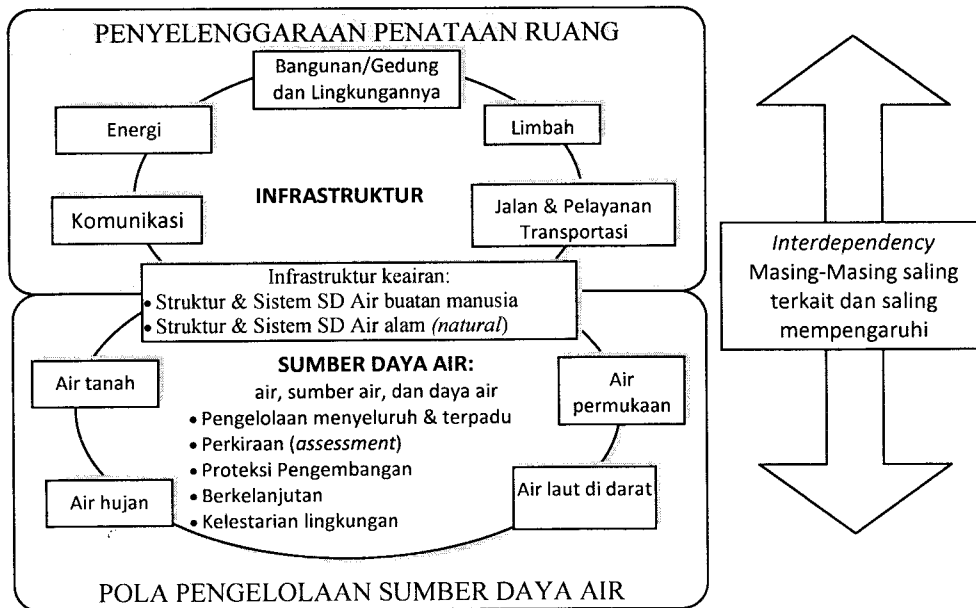
Dari gambar di atas dapat dikatakan bahwa lingkungan alam merupakan pendukung dasar dari semua sistem yang ada. Peran infrastruktur sebagai mediator antara sistem ekonomi dan sosial dalam tatanan kehidupan manusia dengan lingkungan alam menjadi sangat penting. Infrastruktur yang kurang (bahkan tidak) berfungsi akan memberikan dampak yang besar bagi manusia. Sebaliknya, infrastruktur yang terlalu berkelebihan untuk kepentingan manusia tanpa memperhitungkan kapasitas daya dukung lingkungan akan merusak alam yang pada hakekatnya akan merugikan manusia termasuk makluk hidup yang lain. Berfungsi sebagai suatu sistem pendukung sistem sosial dan sistem ekonomi, maka infrastruktur perlu dipahami dan dimengerti secara jelas terutama bagi penentu kebijakan.

Sumber Daya Air tidak termasuk komponen infrastruktur, namun bagian-bagian dari pengelolaan sumber daya air bisa dikategorikan sebagai infrastruktur keairan baik yang bersifat alami maupun yang bersifat artifisial.

Infrastruktur keairan merupakan bagian dari infrastruktur yang saling tergantung dan terkait. Secara lebih spesifik Sumber Daya Air dapat dipandang sebagai bagian dan sekaligus di luar infrastruktur.

Secara lebih spesifik dan mengacu pada definisi-definisi tersebut, infrastruktur keairan merujuk pada sistem fisik yang menyediakan transportasi air, pengantaran air (*conveyance*), penyediaan & pengisian (*supply*) air, pengairan, drainase, penahanan (*detention*), penyimpanan (*reservoir* atau *retention*), bangunan-bangunan air dan fasilitas air untuk publik yang lain yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia dalam lingkup sosial dan ekonomi (Grigg, 1988).

Dengan kata lain, sistem infrastruktur keairan, yang merupakan bagian dari infrastruktur secara keseluruhan, juga merupakan pendukung utama fungsi-fungsi sistem sosial dan sistem ekonomi dalam kehidupan sehari-hari masyarakat. Pengelolaan infrastruktur berdasarkan Penyelenggaraan Penataan Ruang, namun pengelolaan infrastruktur keairan juga merupakan bagian dari Pola Pengelolaan Sumber Daya Air.

Hubungan infrastruktur, Pola Pengelolaan Sumberdaya Air dan Penyelenggaraan Penataan Ruang ditunjukkan dalam Gambar 10-21.

Gambar 10-21. Hubungan infrastruktur, Pengelolaan Sumberdaya Air Dan Penataan Ruang (Grigg, 1996 & 1988; Grigg & Fontane, 2000; Kodoatie & Suripin, 2001)

Jenis infrastruktur keairan dapat dilihat dalam Gambar 1-15b. Seperti telah disebutkan dalam Bab 5 komponen sumber daya air dapat dibagi menjadi dua, yaitu: komponen alami dan komponen artifisial.

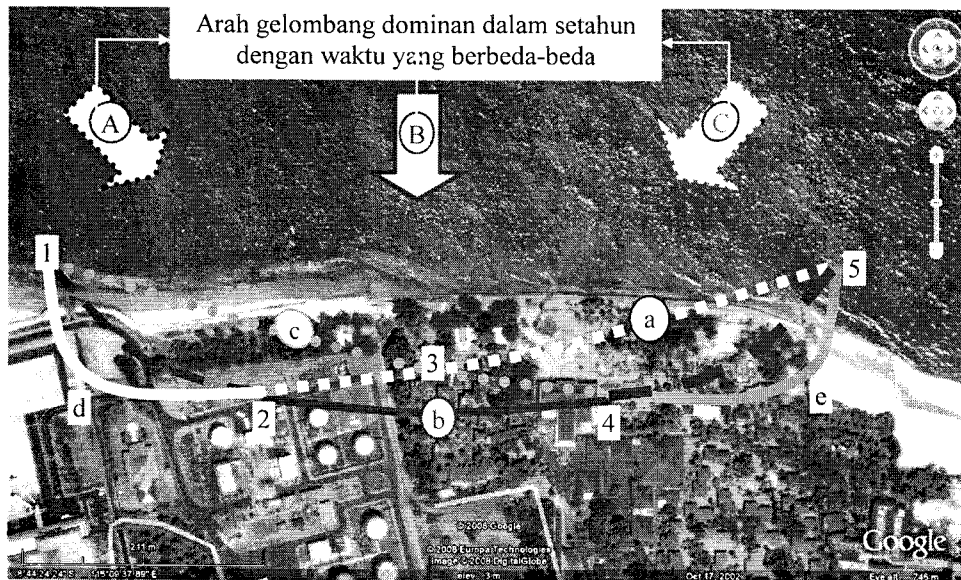
10.9 Harmoni Pengelolaan Pantai Dengan Aspek Lain

Gerakan alami gelombang yang menuju ke pantai perlu diketahui. Hal ini untuk dipakai sebagai salah satu acuan dasar penataan ruang di pantai yang menyangkut garis dan zona pantai.

Gerakan alami gelombang sepanjang tahun bergerak dari segala arah namun secara dominan dapat ditentukan arah gelombang tersebut seperti ditunjukkan dalam Gambar 10-22.

Dari Gambar 10-22, untuk arah gelombang dominan A maka akan terjadi abrasi dan garis pantai menjadi garis 1 – c – 3 – 4 – e – 5. Untuk arah gelombang dominan B maka akan terjadi abrasi dan garis pantai menjadi garis 1 – 2 – b – 4 – 5, sedangkan untuk arah gelombang dominan C maka akan terjadi abrasi dan garis pantai menjadi garis 5 – a – 3 – 2 – d – 1. Dari ketiga dominan arah gelombang maka dapat ditentukan rencana garis pantai yaitu garis 1 – d – 2 – b – 4 – e – 5 (Kemur, 2008).

Pengelolaan daerah pantai diharapkan memenuhi aspek sosial, ekonomi, lingkungan, hukum dan kelembagaan. Dalam aspek sosial, pengelolaan harus memperhatikan wilayah pesisir dan lautan dapat menghidupi *stakeholders* penduduk sekitar, menciptakan lapangan kerja yang jumlahnya cukup signifikan. Dalam aspek ekonomi, proses alokasi pengelolaan pantai dan wilayah pesisir yang dipandu oleh mekanisme pasar dilandasi oleh hambatan moral dan kepentingan pribadi ataupun golongan.

Dalam aspek lingkungan, pengelolaan pantai dan wilayah pesisir harus memperhatikan keragaman ekosistem yang dapat terancam kelangsungan hidupnya. Sedangkan dalam aspek hukum dan kelembagaan mengacu pada Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil (Nugroho dan Dahuri, 2004).

Gambar 10-22. Skema sederhana penentuan garis pantai

Pengelolaan pantai perlu dilakukan secara menyeluruh dan terpadu dan berkesinambungan. Ini berarti perlu adanya perencanaan atau pembangunan kawasan pesisir yang mengkoordinasi dan mengarahkan berbagai aktivitas yang ada di wilayah pesisir tersebut untuk dapat dimanfaatkan baik pada saat ini maupun masa yang akan datang.

Prinsip-prinsip keterpaduan dapat diartikan sebagai berikut (Dirjen Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. 2001: Yuwono, 1999).

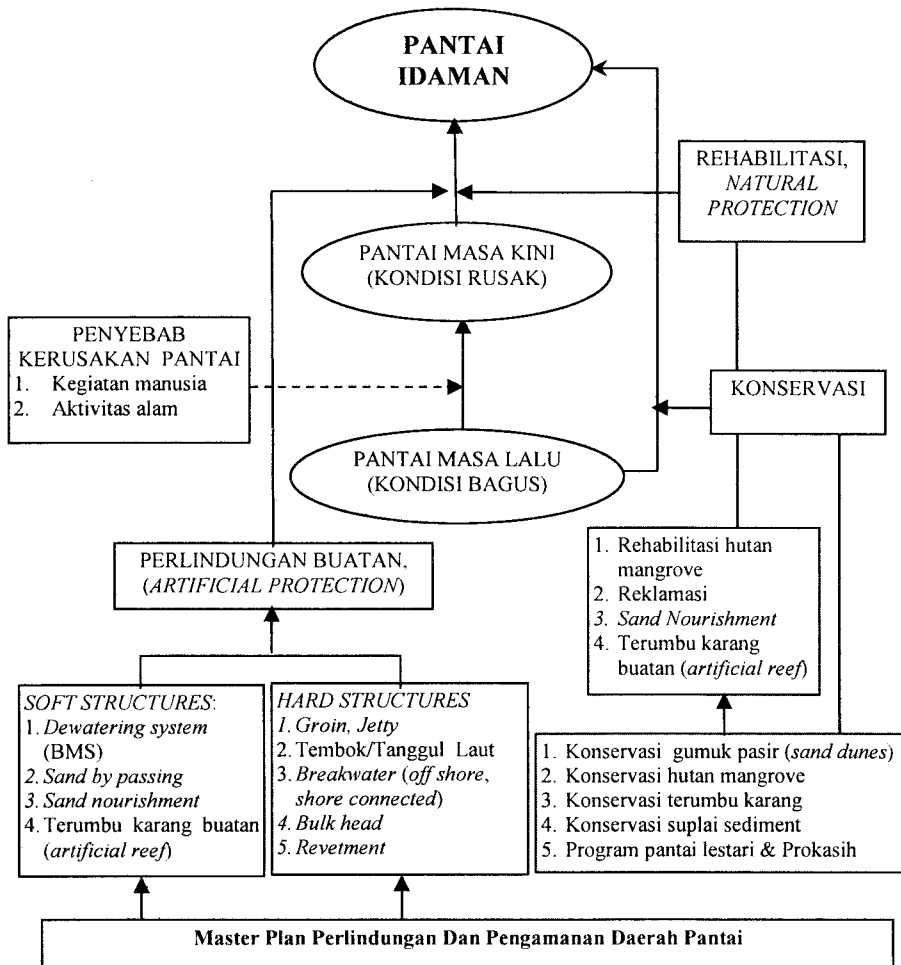
a. Keterpaduan perencanaan sektor secara horizontal
b. Keterpaduan perencanaan secara vertikal
c. Keterpaduan antara ekosistem darat dan laut
d. Keterpaduan antara ilmu pengetahuan dan manajemen
e. Keterpaduan antara kepentingan ekonomi, lingkungan dan masyarakat

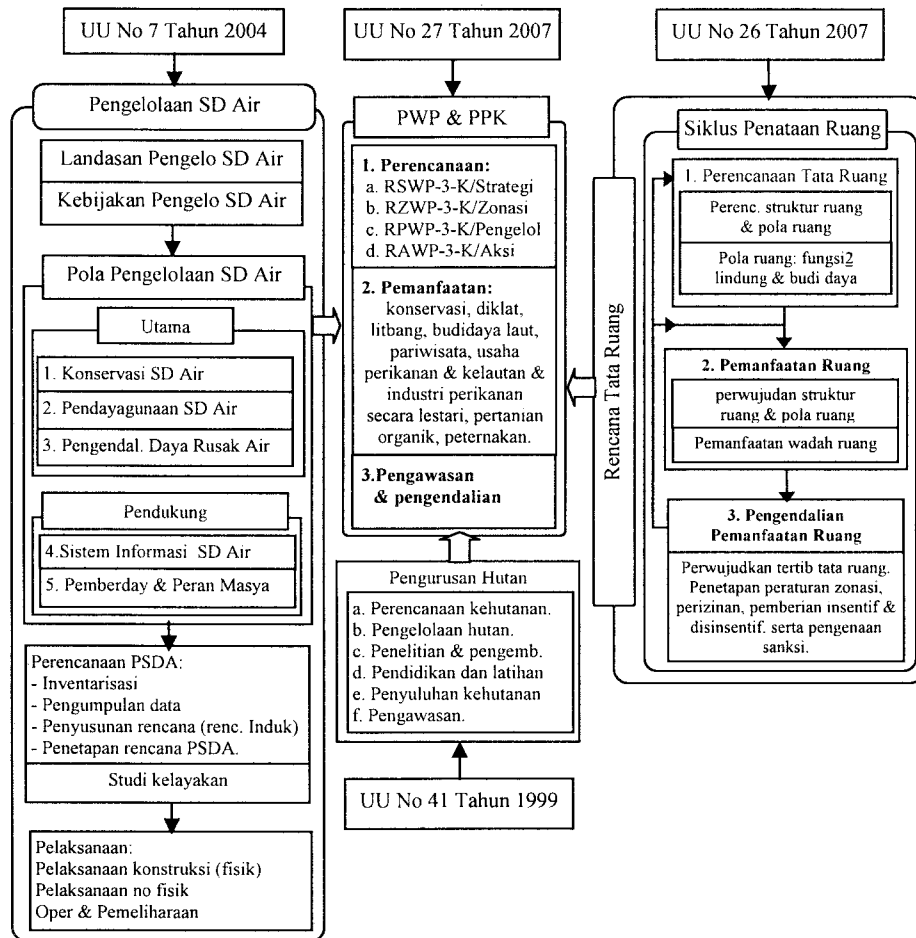
Pembangunan dan pengembangan daerah pantai berwawasan lingkungan, berarti membangun pantai dengan memperhitungkan keadaan lingkungan dan jangan sampai pembangunan tersebut merusak lingkungan. Ada dua pengertian utama pembangunan daerah pantai berwawasan lingkungan yang harus dipegang oleh pembuat keputusan, yaitu:

- Pembangunan dan pengembangan daerah pantai harus jalan terus untuk sebesar-besarnya kemakmuran dan kepentingan masyarakat. Jangan sampai kita takut membangun karena khawatir

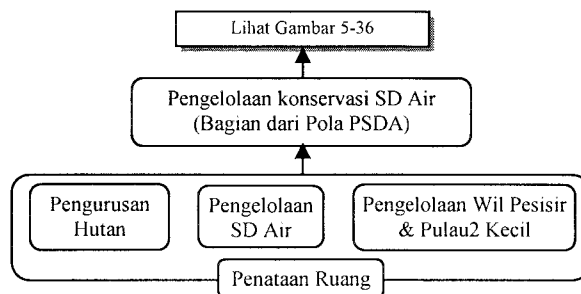
akan terjadi perubahan lingkungan; yang kita takutkan adalah pembangunan yang merusak lingkungan.

- Pembangunan dan pengembangan wilayah pantai harus menguntungkan dari sudut ekonomis, bermanfaat buat masyarakat sekitar dan tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Bb

Secara skematis konsep pengendalian dan pengaman pantai ditunjukkan pada Gambar 10-23.

Gambar 10-23. Konsep perlindungan dan pengaman pantai (Dit Rawa Pantai, 2007)

Pengelolaan wilayah pesisir dikaitkan dengan aspek-aspek lain dapat dilihat dalam Gambar 10-24.

Gambar 10-24. Harmoni pengelolaan wilayah pesisir dan aspek lain

10.10 Harmoni Pengelolaan Konservasi Sumber Daya Air Dengan Aspek Lain

Sistem pengelolaan konservasi air sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 5.3.8. Harmoni antara pengelolaan konservasi ditunjukkan dalam Gambar 10-25.

Gambar 10-25 Pengelolaan konservasi sumber daya air dan aspek terkait (setelah Parrens & Trustum, 1984 dalam Suripin, 2002; Kodoatie & Sjarief, 2008)

10.11 Harmoni Pengelolaan Banjir dan Kekeringan Dengan Aspek Lain

10.11.1 Pengelolaan Banjir

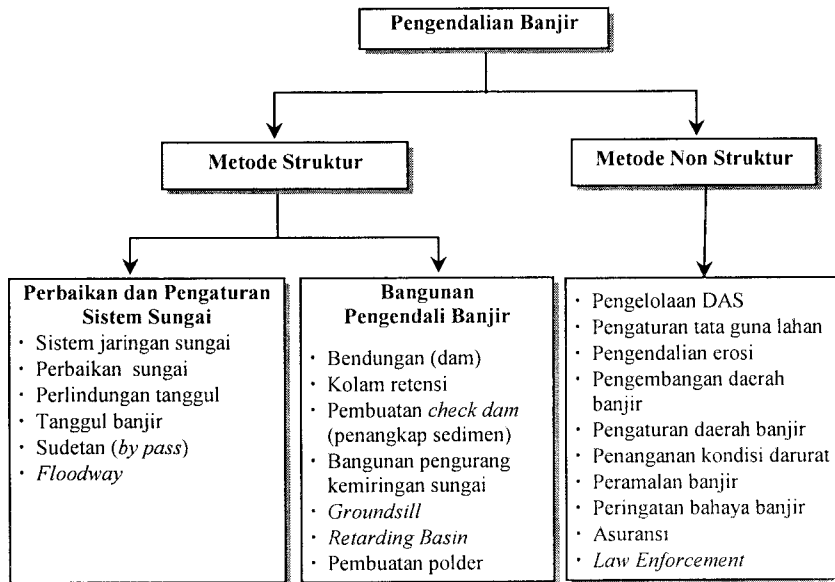
Pengelolaan banjir terpadu adalah proses keterpaduan pengelolaan banjir melalui pendekatan pengelolaan tanah dan sumber daya air, daerah pantai pesisir, dan pengelolaan daerah bencana pada suatu DAS dengan tujuan memaksimumkan keuntungan daerah bantaran banjir dan meminimumkan kehilangan nyawa dan kerusakan harta benda dari banjir (Green dkk., 2004). Pengelolaan banjir terpadu merupakan penanganan integral yang mengarahkan semua *stakeholders* dari pengelolaan banjir sub-sektor ke sektor silang (Kodoatie & Sjarief, 2006).

Secara lebih spesifik pengelolaan bencana banjir terpadu dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang mempromosikan koordinasi pengembangan dan pengelolaan banjir dan pengelolaan aspek lainnya yang terkait langsung maupun tidak langsung dalam rangka tujuan untuk mengoptimalkan resultan kepentingan ekonomi dan kesejahteraan sosial khususnya dalam kenyamanan dan keamanan terhadap kejadian bencana banjir dalam sikap yang cocok/tepat tanpa mengganggu kestabilan dari ekosistem-ekosistem penting. Proses ini juga mengimplementasikan suatu ilmu pengetahuan terapan (aplikatif) yang mencari, dengan observasi sistematis dan analisis banjir, untuk meningkatkan tindakan-tindakan (*measures*) yang terorganisir dan sistematis terkait dengan preventif (pencegahan), mitigasi (pengurangan), persiapan, respon darurat dan pemulihan (Kodoatie & Sjarief, 2006).

Dalam pengelolaan banjir harus memperhatikan domain pengairan, kehutanan dan tata ruang provinsi dan kabupaten dalam pengelolaan tanah dan air, peran serta masyarakat.

Pengelolaan banjir tidak dapat dilaksanakan secara terpisah-pisah, tetapi pengelolaan banjir harus dilaksanakan secara sistem menyeluruh dan terpadu antara hulu dan hilir. Adanya perubahan tata guna lahan, urbanisasi dan penebangan hutan yang pengaruhnya sangat besar terhadap kuantitas banjir.

Untuk pengelolaan banjir pada prinsipnya ada 2 metode pengendalian banjir yaitu metode struktur dan metode non-struktur seperti ditunjukkan dalam Gambar 10-26.

Pada masa lalu metode struktur lebih diutamakan dibandingkan dengan metode non-struktur. Namun saat ini banyak negara maju mengubah pola pengendalian banjir dengan lebih dulu mengutamakan metode non-struktur lalu baru metode struktur.

Gambar 10-26. Metode pengendalian banjir (Kodoatie & Sugiyanto, 2001)

Gambar 5-28 dan Gambar 5-29 menunjukkan bahwa dengan kondisi tata guna lahan yang sudah padat (adanya bangunan untuk pemukiman, industri dll.) menyebabkan kenaikan *run-off* yang signifikan dan pengurangan resapan air. Upaya perbaikan sungai dengan pelebaran akan memberikan pengaruh maksimal dua kali lipat saja, itupun bila proses pelebaran ataupun pengerukan sebesar dua kali lipatnya bisa berjalan lancar. Perlu diperhatikan pelebaran sungai/ drainase harus dipertahankan sampai ke lokasi sungai paling hilir (di muara) artinya kajian morfologi sungai perlu dilakukan secara menyeluruh.

Bilamana dilakukan pelebaran namun pada lokasi tertentu di bagian hilir tidak dapat dilebarkan maka akan terjadi penyempitan alur sungai (*bottleneck*). Hal ini akan menyebabkan daerah hulu yang sudah dilebarkan akan kembali ke posisi lebar semua.

Di samping itu setelah dilebarkan potensi kembali ke lebar sungai semula cukup besar akibat sedimentasi dan morphologi sungai yang belum stabil, demikian pula kedalaman sungai yang dikeruk menjadi dua kali akan kembali ke kedalaman semula akibat besarnya sedimentasi.

Oleh karena itu metode non-struktur harus dikedepankan lebih dahulu karena pengaruh perubahan tata guna lahan mengkontribusi debit puncak di sungai mencapai 5 sampai 35 kali debit semula (lihat Gambar 5-26). Metode struktur yang hanya memberikan penurunan /reduksi debit jauh lebih kecil dibandingkan peningkatan debit akibat perubahan tata guna lahan atau degradasi lingkungan. Istilah populer yang dipakai adalah *flood control toward flood management* (Hadimuljono, 2005). *Flood*

management berarti melakukan tindakan pengelolaan yang menyeluruh yaitu gabungan antara metode non-struktur dan metode struktur.

Flood control lebih dominan pada pembangunan fisik (atau dikenal dengan metode struktur). Hal ini sebenarnya wajar apabila sebelumnya telah dilakukan kajian pengelolaan banjir secara menyeluruh dengan salah satu rekomendasi adalah melakukan *flood control*. Untuk lebih jelasnya metode tersebut dapat dilihat dalam Tabel 10-10.

Apabila perubahan tata guna lahan sudah bisa dipastikan sampai ke masa yang akan datang, maka dapat diketahui debit rencana yang pasti melalui sungai tersebut. Bilamana hal ini terjadi maka perbaikan sungai dengan metode struktur dapat dilakukan.

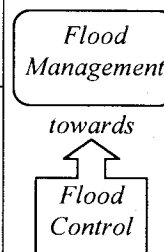
Departemen PU membuat suatu ketentuan kebijakan tentang debit sungai akibat dampak perubahan tata guna lahan di daerah aliran sungai tersebut yaitu dengan menyatakan bahwa DAS boleh dikembangkan/ diubah fungsi lahannya dengan *zero delta Q policy* atau $\Delta Q=0$ (Lee, 2002; Kemur, 2004; Hadimuljono, 2005). Arti kebijakan ini adalah bila suatu lahan di DAS berubah maka debit sebelum dan sesudah lahan berubah harus tetap sama. Misalnya, suatu lahan hutan diubah menjadi pemukiman maka debit yang di suatu titik sungai harus tetap sama. Hal ini dapat dilakukan dengan cara kompensasi yaitu pada lahan pemukiman harus disisakan lahan puntuk penahan *run-off* akibat perubahan misal dengan cara pembuatan sumur resapan, penanaman rumput atau semak-semak (tanaman) yang lebat dan rendah, pembuatan embung, pembuatan tanggul-tanggul kecil dalam sistem drainase dll.

Tabel 10-10. Dari flood control menuju flood management

Skala Prioritas	Metode	
I	**Metode Non-Struktur** -Pengelolaan DAS -Pengaturan tata guna lahan -Pengendalian erosi -Pengembangan daerah banjir -Pengaturan daerah banjir	 -Penanganan kondisi darurat -Peramalan banjir -Peringatan bahaya banjir -Asuransi -*Law Enforcement*
II	**Metode Struktur: Bangunan Pengendali Banjir** -Bendungan (dam) -Kolam Retensi -Pembuatan *check dam* (penangkap sedimen) -Bangunan pengurang kemiringan sungai -*Groundsill* -*Retarding Basin* -Pembuatan Polder	
III	**Metode Struktur: Perbaikan & Pengaturan Sistem Sungai** -Perbaikan sistem jaringan sungai -Pelebaran atau pengerukan sungai (*river improvement*) -Perlindungan tanggul -Pembangunan tanggul banjir -Sudetan (*by-pass*) -*Floodway*	

Flood Management

towards

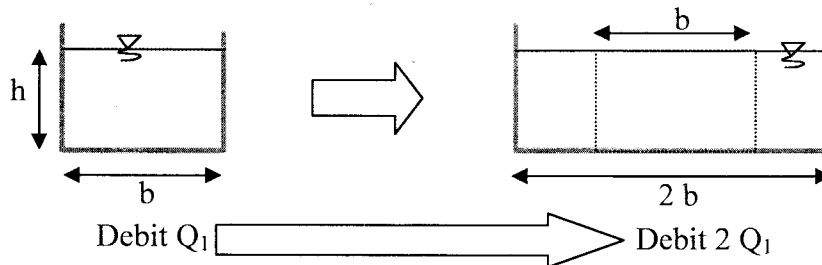
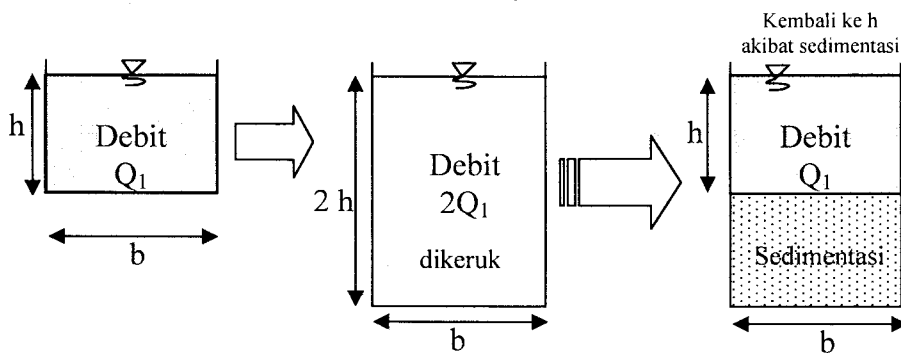
Flood Control

Umumnya untuk mengurangi banjir atau genangan yang terjadi dilakukan perbaikan penampang sungai (sering disebut dengan istilah normalisasi walaupun istilah ini kurang tepat). Perbaikan sungai yang dilakukan umumnya dengan melebarkan sungai atau memperdalam (pengerukan) sungai.

Sesungguhnya istilah normalisasi kurang tepat, karena sebenarnya sungai (alami) sudah normal lalu mengapa harus dinormalkan. Secara alami sungai hampir selalu merubah kondisi fisiknya sesuai dengan perubahan yang terjadi di sungai.

Sebagai contoh perubahan debit sungai akan diikuti dengan perubahan morfologi sungai. Pengertian ini lebih dominan meluruskan sungai, melebarkan atau memperdalam penampang, agar aliran air lebih cepat dan kapasitas sungai menampung air lebih besar.

Pelebaran sungai tergantung dari tata guna lahan di sekitarnya. Apabila sudah dipadati penduduk maka persoalan menonjol yang terjadi adalah pembebasan tanah. Semakin padat penduduk dan semakin strategis lokasinya, biaya pembebasan akan semakin mahal. Dalam kondisi ini untuk melebarkan menjadi dua kali lebar semula akan menelan banyak biaya dan menghadapi persoalan sosial yang cukup sulit dipecahkan. Di samping itu perlu diperhatikan ketersediaan air di DAS untuk cadangan air di musim kemarau. Memperbesar kapasitas sungai berarti memperkecil air yang tertahan di DAS.

Pelebaran sungai linear dengan debit. Bila sungai dilebarkan menjadi dua kali, maka debitnya juga meningkat dua kali. Bila sungai diperdalam dua kali maka debit pada awalnya juga menjadi dua kali dari debit semula, namun karena ada sedimentasi maka kedalaman sungai akan kembali seperti semula, sehingga debit juga seperti semula sebelum ada pengerukan.

Uraian tersebut diilustrasikan dalam Gambar 10-27.

a) diperlebar dua kali (debit hanya naik menjadi dua kali debit semula)

b) dikeruk (diperdalam) dua kali, akan ada kecenderungan kembali ke kedalaman semula akibat sedimentasi

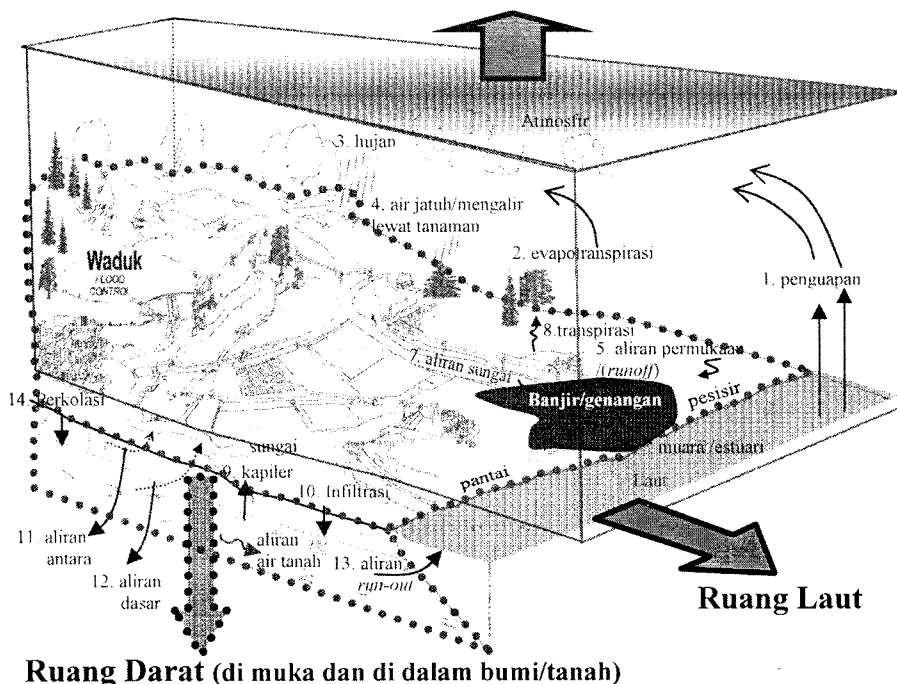
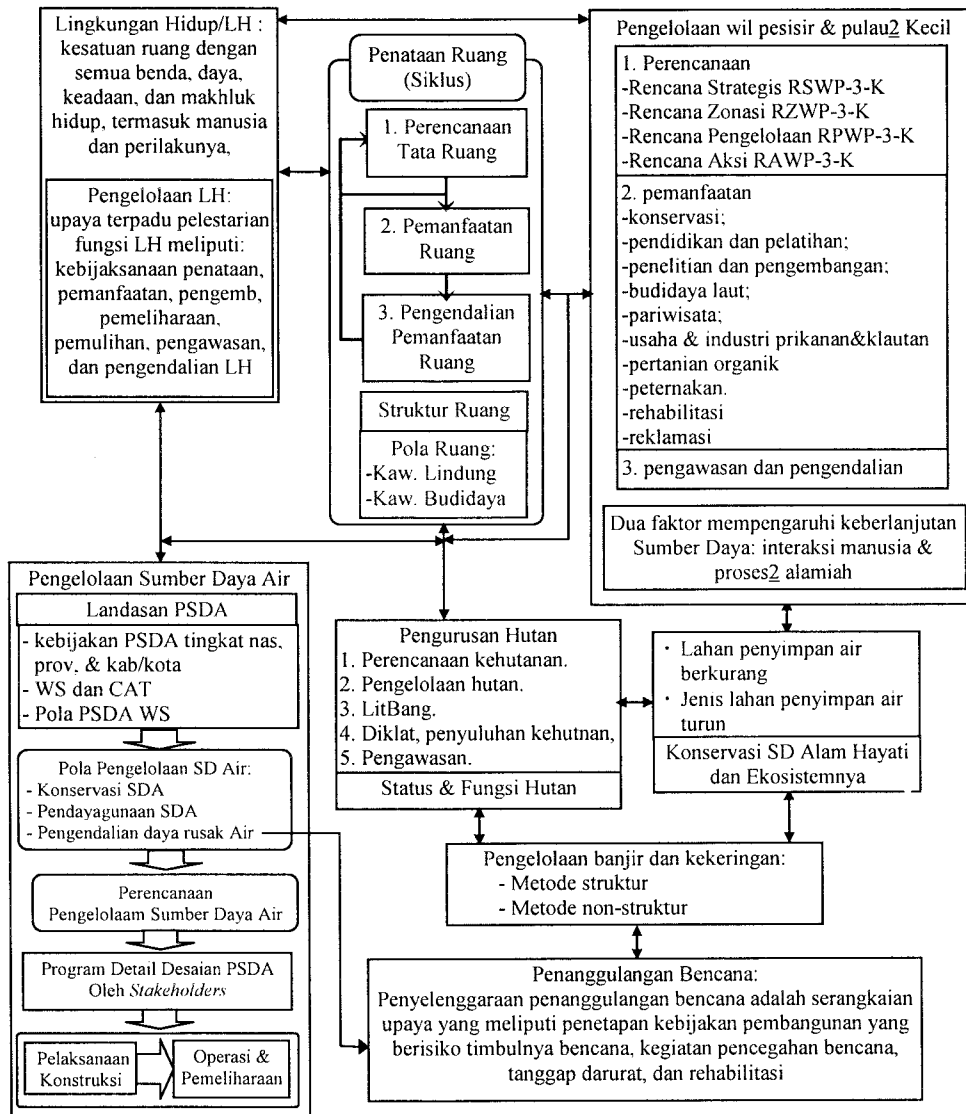
Gambar 10-27. Contoh sederhana proses perbaikan sungai

Kegiatan pelebaran dan pengerukan harus dilakukan sampai pada akhir sungai (atau bagian paling hilir), tidak bisa sepotong-potong, biasanya sampai pada mulut sungai (estuari).

Sebagai catatan dalam upaya memperdalam atau melebarkan sungai perlu dikaji stabilitas sungai. Dalam kaitan upaya untuk stabilitas sungai, para ahli teknik sungai dianjurkan oleh Simons dan Senturk (1992) agar tidak berupaya mengembangkan sungai lurus.

Oleh karena itu secara substansi salah satu upaya yang perlu dilakukan dalam pengelolaan banjir adalah dengan membuat penghalang aliran permukaan (*run-off*) DAS sebesar-besarnya.

Sebagaimana telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya bahwa perubahan tata guna lahan merupakan penyebab uatam banjir dibandingkan dengan sebab-sebab yang lain. Oleh karena itu perlu harmonisasi antara pengelolaan banjir dengan pengelolaan sumber daya air dan penataan ruang. Harmonisasi tersebut diilustrasikan dalam Gambar 10-28 dan Gambar 10-29 .

Dalam kaitan dengan pengelolaan sumber daya air, masalah banjir terkait dengan penentuan kondisi kritis atau tidak kritis. Pada kondisi kritis maka siklusnya mengikuti siklus pengelolaan bencana (mulai dari jauh sebelum bencana sampai pasca bencana) dan pada saat tidak kritis maka siklusnya mengikuti siklus pengelolaan sumber daya air mulai dari Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai (Pola PSDA WS), Rencana PSDA WS, Studi Kelayakan, Penyusunan Program dan Detail Desain) seperti ditunjukkan dalam Gambar 10-30.

a. Genangan banjir

b. Hubungan Pengelolaan Banjir & Kekeringan dan aspek2 lain

Gambar 10-28. Hubungan Pengelolaan Banjir & Kekeringan dan aspek2 lain (UU No. 24 Tahun 2007, UU No. 26 Tahun 2007; UU No. 27 Tahun2007, UU No 7 Tahun 2004; Kodoatie & Syarief, 2006 dan 2006b; 2007b)

Secara lebih detail gambar tersebut ditunjukkan dalam Gambar 10-29.

Garis berarti perlu koordinasi, komunikasi, pemahaman dan pengertian yang sama untuk hal yang berbeda. Misalnya, ada hubungan erat antara fungsi lindung (Tata Ruang) dan konservasi SDA (PSDA). Hubungan ini perlu dieksplore secara detail dari berbagai hal.
Garismasih bisa ditambahkan tergantung dari situasi dan kondisi daerah kajian.

PENATAAN RUANG *

1. sistem
sistem wilayah
sistem internal perkotaan

2. fungsi
kawasan lindung
kawasan budidaya

3. administrasi
wil nasional (RTRWN)
wil provinsi (RTRWP)
wil kab/kota (RTRWK)

4. kegiatan kawasan
kaw perkotaan
kaw perdesaan

5. nilai strategis kawsan
kaw strategis nasional
kaw strategis provinsi
kaw strategis kabupaten
kaw strategis kota
kaw tertinggal

POLA PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR**

1. Konservasi SDA
a. Perlindungan & pelestarian sumber air
b. Pengawetan air
c. Pengelolaan kualitas air
d. Pengendalian pencemaran air

2. Pendayagunaan SDA
a. Penatagunaan SDA
b. Penyediaan SDA
c. Penggunaan SDA
d. Pengembangan SDA
e. Pengusahaan SDA

3. Pengendalian Daya Rusak Air
a. Upaya pencegahan
b. Upaya penanggulangan
c. Upaya pemulihan

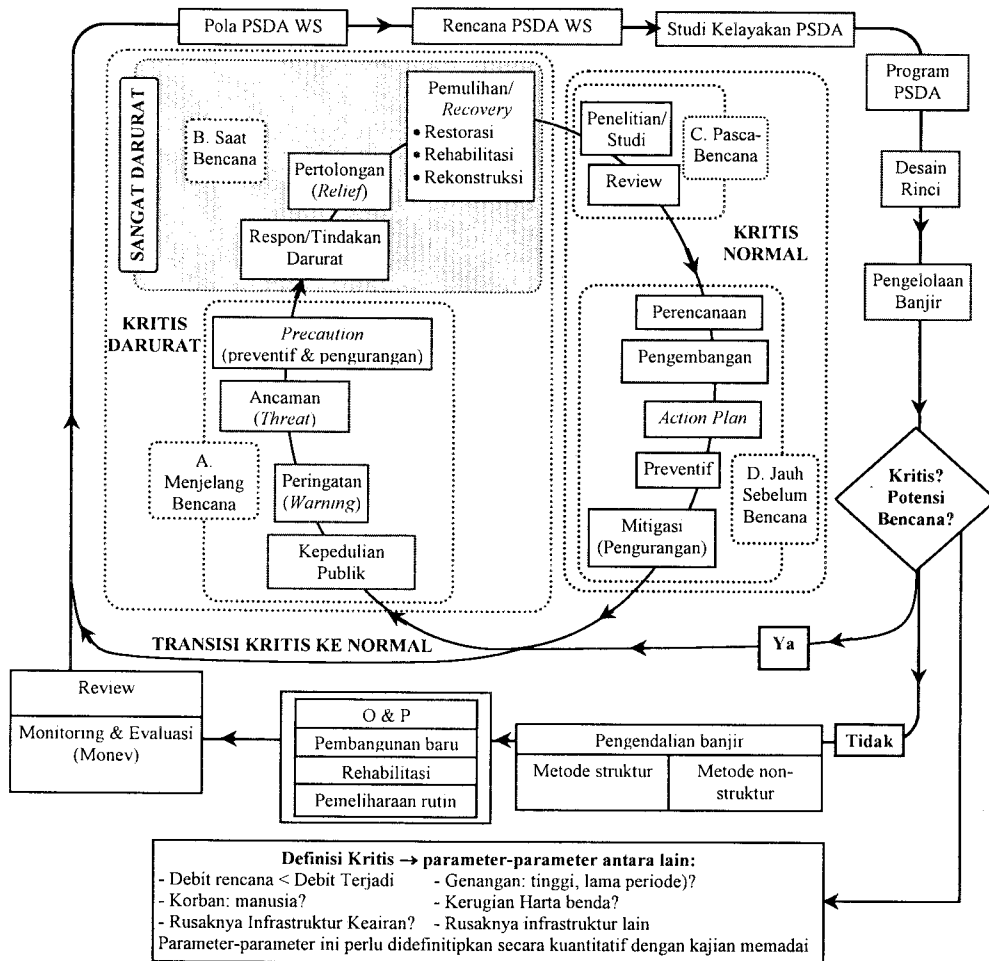
Basis Wilayah Sungai
DAS: aliran permukaan
CAT: air tanah

Penataan Ruang Harmonis dengan Pola Pengelolaan Sumber Daya Air

Pengelolaan Banjir & Kekeringan Terpadu

C. Saat Menjelang Bencana
D. Saat Bencana
Dampak Bencana
Persiapan & Kesiagaan
Respon/ Tindakan Darurat dan Pertolongan (*Relief*)
B. Pra Bencana
Pemulihan/*Recovery*
E. Pasca Bencana
Mitigasi (Pengurangan)
Penelitian/Studi
Pencegahan (Preventif)
Perencanaan
Pengembangan
Action Plan
A. Jauh Sebelum Bencana
Siklus pengelolaan bencana***

Catatan:
*** UU No 26 Th 2007**
**** UU No 7 Th 2004**
***** UU No 24 Th 2007**

Gambar 10-29. Hubungan detail aspek-aspek Penataan Ruang, Pola PSDA dan Pengelolaan Banjir dan Kekeringan serta Siklus Pengelolaan Bencana

Gambar 10-30. Kondisi kritis dan tidak kritis bencana banjir

Kegiatan pengelolaan banjir sebagaimana dijelaskan diawal tidak dapat dilaksanakan secara terpisah-pisah. Kaitan pengelolaan banjir dengan instansi yang menangani maka dapat dilihat dalam Tabel 10-11.

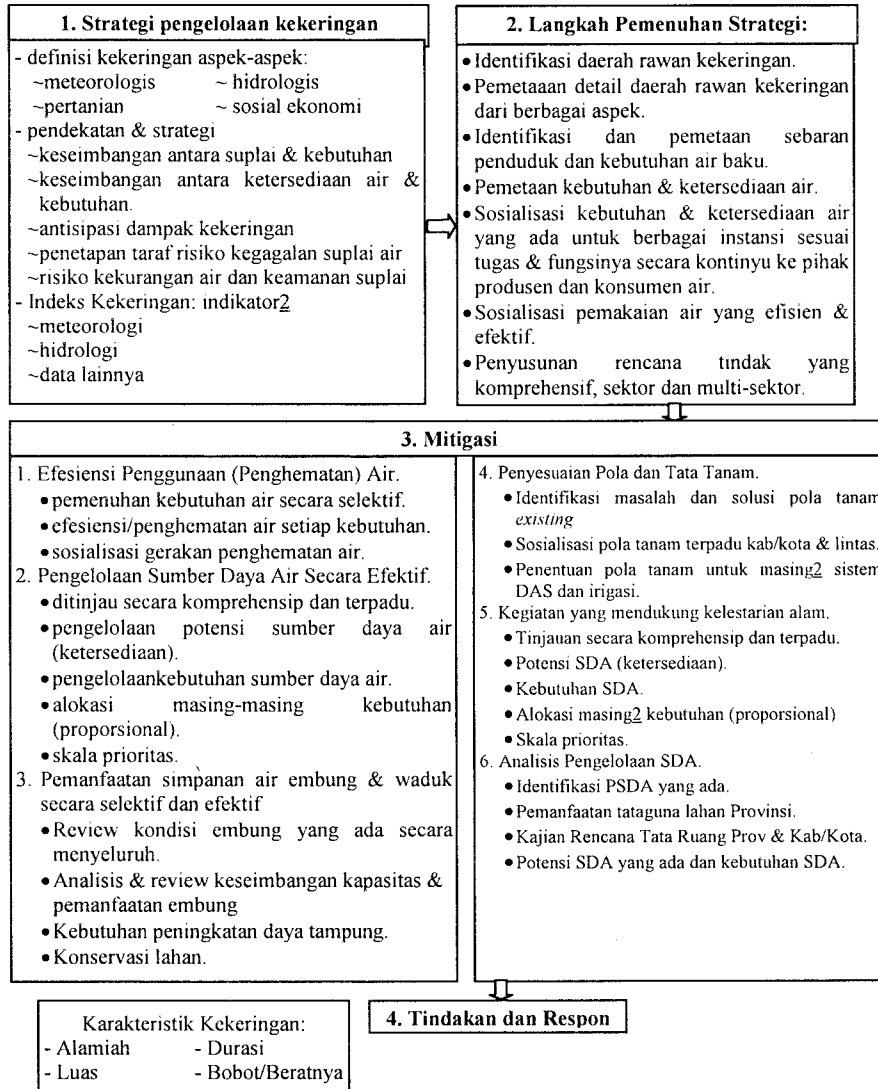
Tabel 10-11. Instansi, rencana tindak (action plan) dan jangka waktu

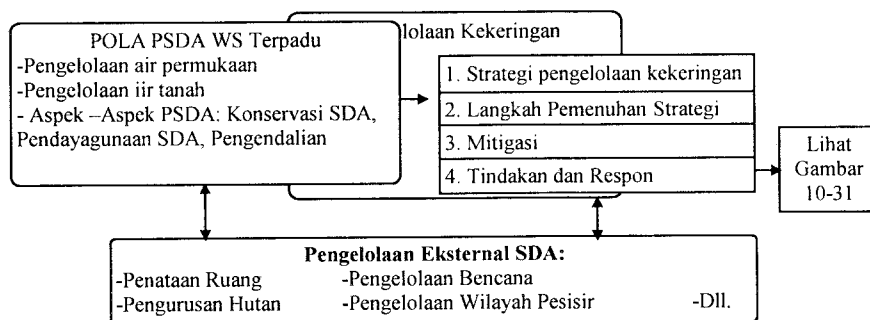
Institusi	*Action Plan*	Waktu (Jangka)
Badan Penelitian & Pengembangan (Balitbang)	• Kajian Pola Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) • Kajian Kelembagaan Pola PSDA • Kajian Finansial Pola PSDA • Kajian Pengendalian banjir sebagai bagian SDA	Menengah, Panjang Menengah, Panjang Menengah, Panjang Pendek, Menengah
Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (Bappeda)	• Perencanaan menyeluruh yang komprehensip (*a master linking or integrated plan*) • Rencana induk untuk setiap pembangunan dan pengembangan sistem (*master plans for the development of each service infrastructure system*) • Perkiraan biaya (*assessments that tie to the budgeting process*) • Perencanaan organisasi dan institusi • Perencanaan peningkatan sistem yang ada (*plans to improve operation services*)	Panjang Panjang Menengah Pendek Pendek
Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA)/ Dinas Pengairan	-Evaluasi dan *review* SWS dan DAS -Pengelolaan Sumber Daya Air dan Pengendalian Banjir -Evaluasi & review sistem pengendalian banjir tiap DAS -Pemetaan daerah-daerah banjir -Pemetaan daerah-daerah rawan longsor -Upaya-upaya perbaikan daerah banjir dan longsor -Pelaksanaan pembangunan yang diprioritaskan -*Flood Warning System*	Menengah, Panjang Menengah, Panjang Pendek, Menengah Pendek Pendek Pendek Pendek, Menengah Pendek
Kehutan an	-Review sistem pengelolaan hutan di hulu DAS. -Perubahan Kebijakan Pengelolaan Hutan -*Masterplan* eksploitasi sumber daya hutan	Pendek Menengah,Panjang Menengah, Panjang
Pertambangan	-Review kebijakan penambangan galian C. -Pemetaan daerah penambangan galian C -Pemetaan daerah rawan longsor	Pendek Pendek, Menengah Pendek
Kab./Kota termasuk Institusi & Dinas terkait	-Evaluasi dan *review* sistem DAS di wilayah Kab./Kota -Koordinasi dan *review* sistem DAS antar Kab./Kota -Evaluasi RTRK atau RTRW -Kompensasi kaw terbangun → mengembalikan resapan air sebelum diubah -Perkiraan biaya -Perencanaan organisasi dan institusi -Pemetaan daearah-daerah banjir -Pemetaan daerah-daerah rawan longsor -Pelaksanaan pembangunan yang diprioritaskan	Pendek Pendek, Menengah Pendek Pendek, Menengah Pendek Pendek Pendek Pendek Pendek, Menengah

10.11.2 Pengelolaan Kekeringan

Secara umum pengelolaan kekeringan adalah bagaimana ketersediaan, sumber daya air yang ada harus terjamin keberadaannya yang berkelanjutan (*sustainable*). Sedangkan dari sisi kebutuhan, air yang dimanfaatkan harus lebih kecil atau sama dengan ketersediaannya.

Dalam Sub-Bab 5 telah diuraikan tentang pengelolaan kekeringan terpadu yang terdiri atas: strategi, mitigasi, tindakan dan respon. Pengelolaan kekeringan yang merupakan bagian dari Pengelolaan Sumber Daya Air tidak lepas dengan aspek-aspek lain dalam dimensi ruang, diantaranya: pengelolaan banjir, penataan ruang, kehutanan.

Harmoni pengelolaan kekeringan dan aspek-aspek lain ditunjukkan dalam Gambar 10-31 dan Gambar 10-32.

Gambar 10-31. Pengelolaan Kekeringan (Grigg dan Vlachos, 1990 & 1993)

Kaitan pengelolaan kekeringan dengan aspek-aspek lainnya ditunjukkan dalam Gambar 10-32.

Gambar 10-32. Kaitan Pengelolaan kekeringan dengan aspek lainnya

Tindakan & Respon, Kegiatan, Instansi Terkait dan Jangka Waktu ditunjukkan dalam Tabel 10-12.

Tabel 10-12. Tindakan& Respon, Kegiatan, Instansi Terkait dan Jangka Waktu

a. Tambahan suplai

Tambahan Suplai	Deskripsi Tindakan & Respon	Kegiatan	Instansi	Jangka Waktu
a. Bangunan Yang ada	Tampungan permukaan	Konstruksi	1, 2, 3	p, m,
	Tampungan dasar	Tambahan konstruksi	1, 2, 3	p, m,
	Transfer antar DAS	Pembangunan saluran	1, 2, 3	p, m,
	Pembagian fungsi silang	Koordinasi	1.2	p, m,
	Konservasi DAS	Penanaman, bangunan konservasi	1, 2, 3	p, m, pa
	Peningkatan sistem konservasi	Rehabilitasi	1, 2, 3	p, m, pa
	Desalinisasi air	Konstruksi	1, 5	p, pa
b.Pembangun an baru	Modifikasi cuaca	Aplikasi Teknologi	6	P
	Tampungan: waduk, embung	Konstruksi	1, 2, 5	p, m,
	Pemompaan air tanah tersistem	Konst. sumur pompa	1, 2, 4	p, m, pa
c.gabungan a dan b	Pemakaian berantai	Konstruksi dan koordinasi	1, 2, 3, 5	p, m, pa
	Pengantaran terpias-pias	Konstruksi dan koordinasi	1s/d 5, 8	p, m, pa
	Inovasi teknologi	Aplikasi	1s/d 5, 8	p, m, pa

b. Reduksi Kebutuhan Air

Reduksi Kebutuhan Air	Deskripsi Tindakan dan Respon	Kegiatan	Instansi	Jangka Waktu
a. Proaktif	Tindakan legal	Ceking ijin	1, 4, 5, 8	p, m
	Insentif ekonomi	Sosialisasi nilai air	1, 2, 7	p, m,
	Harga ekonomis	Sosialisasi harga air	1, 2, 7	p, m,
	Kebijakan zoning/*land-use*	UU/PP/PerDa	8	p, m,
	Partisipasi publik	Sosialisasi, informasi	1, 2, 7	p, m,
	Prioritas kebutuhan	Pengaturan air	1, 2, 3, 4, 7, 8	p, m,
b. Reaktif	Program hemat air	Sosialisasi	1, 2, 4, 5, 7, 8	p, m, pa
	Reduksi pemakaian tidak perlu	Sosialisasi	1, 2, 4, 5, 7, 8	p, m, pa
	Pemakaian kembali/*Recycling*	Koordinasi	1, 2	p, m, pa
	Pemakaian terukur	Pengukuran debit	1, 2, 4, 5	p, m, pa
c. Penyesuaian	Perubahan pertanian	Koordinasi	1, 2	p, m, pa
	Penyesuaian urban	Sosialisasi kebutuhan	7, 8	p, m, pa

c. Minimalisasi dampak kekeringan

Minimalisasi Dam-pak Kekeringan	Deskripsi Tindakan dan Respon	Kegiatan	Instansi	Jangka Waktu
a. Strategi antisipasi	Sistem peramalan	Analisis cuaca	6	p, m,
	Pengaturan konsumsi	Koordinasi	1, 2, 4, 5, 8	p, m, pa
	Kewaspadaan pemakai	Sosialisasi manfaat air	1, 2, 4, 5, 8	p, m, pa
	Aksi darurat antar wilayah	Suplai air	1, 2, 4, 8	p, m
	Manajemen konflik	Penghindaran konflik	1, 2, 8	p, m
b. Penyerapan kerugian	Asuransi	Sosialisasi nilai air	1, 2	P,m
	Penyebaran risiko	Koordinasi	1, 2, 3, 8	p, m,
	Kompensasi kerusakan	Analisis kerusakan	1, 2, 3, 8	p, m,
	Pengurangan bencana	Monitoring cuaca	6	p, m
	Cadangan dana	Persiapan dana darurat	1, 2, 5, 8	p, m
c. Reduksi Kerugian	Modifikasi kejadian	Analisis & implementasi	1, 2, 6, 8	p, m,
	Pemulihan kerusakan	Konstruksi	1, 2, 3, 5, 8	p, m,
	Perubahan penggunaan air	Pengaturan & koordinasi	1, 2, 5, 7, 8	p, m, pa

Note: 1=Dinas PSDA, 2 =Pertanian, 3=Kehutanan, 4=Pertambangan, 5=PDAM, 6=BMG, 7=Sosial, 8=Pem Kab/Kot, p = jangka pendek, m= jangka menengah, pa =jangka panjang

10.12 Harmoni Pengelolaan Erosi dan Sedimentasi Dengan Aspek Lain

Pengelolaan erosi dan sedimentasi mengacu pada pola pengelolaan sumber daya air dengan tetap memperhatikan penataan ruang dan pengurusan hutan. Hubungannya ditunjukkan dalam Gambar 10-33.

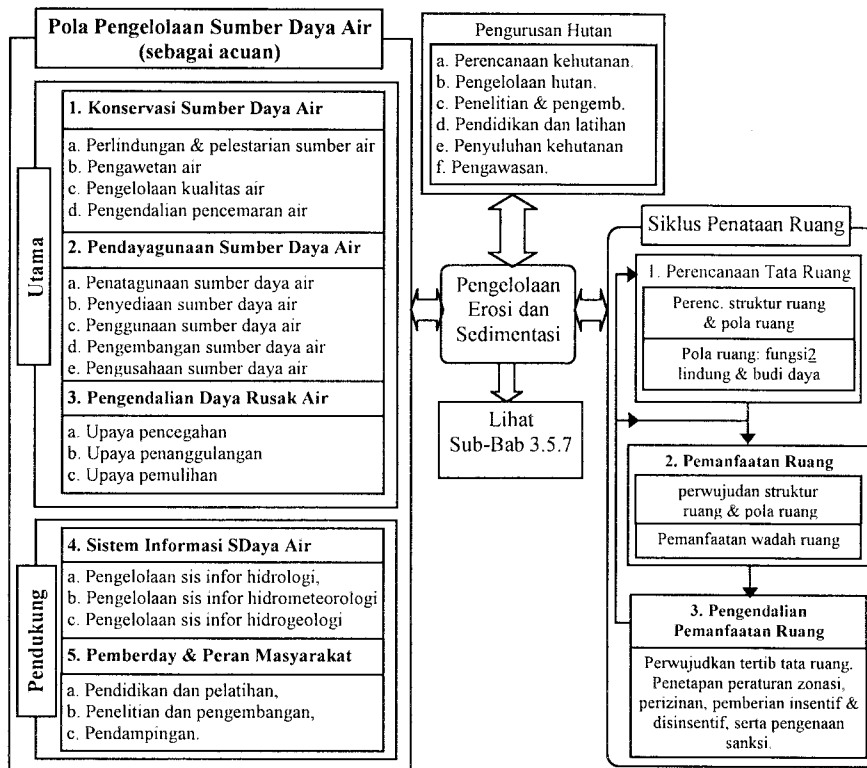
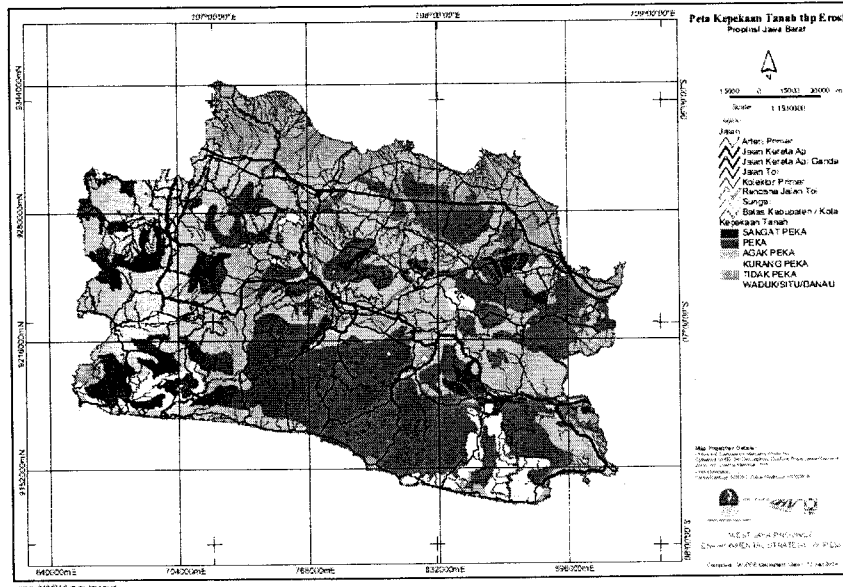
Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa sedimen di suatu potongan melintang sungai merupakan hasil erosi di daerah aliran di hulu potongan tersebut dan sedimen tersebut terbawa oleh aliran dari tempat erosi terjadi menuju penampang melintang itu (Einstein, 1964).

Oleh karena itu kajian pengendalian erosi dan sedimen juga berdasarkan kedua hal tersebut di atas, yaitu berdasarkan kajian *supply limited* dari DAS atau kapasitas transport dari sungai.

Dengan melihat Persamaan USLE dapat diketahui bahwa untuk menekan laju erosi maka dilakukan upaya-upaya yang dilakukan adalah mengurangi besarnya erosi yang ada pada suatu lokasi. Faktor pengelolaan penanaman memberikan andil yang paling besar dalam mengurangi laju erosi. Jenis dan kondisi semak (*bush*) dan tanaman pelindung yang bisa memberikan peneduh (*canopy*) untuk tanaman di bawahnya cukup besar dampaknya terhadap laju erosi. Variasi kedua kondisi itu pada suatu hutan tak terganggu bisa mengurangi sampai 90. Untuk kondisi lahan padang rumput, padang gurun dan tanah yang tak ditanami (*idle land*) maka pengurangan laju erosi dapat mencapai maka pengurangan laju erosi bisa mencapai sangat ekstrim sebesar 150 kali. Pengertian ini secara lebih spesifik menyatakan bahwa dengan pengelolaan tanaman yang benar sesuai kaidah teknis berarti dapat menekan laju erosi yang signifikan.

Faktor-faktor lainnya tidak memberikan dampak positif yang besar terhadap pengurangan laju erosi bila dibandingkan dengan faktor pengelolaan tanaman. Mengubah jenis tanah, faktor topografi, faktor konservasi variasinya berkisar antarra 2 hingga 4 kali. Selain itu kepekaan tanah juga mempengaruhi laju erosi. Gambar 10-34 adalah contoh peta kepekaan tanah terhadap erosi.

Namun walaupun variasinya lebih kecil dibandingkan dengan faktor pengelolaan tanaman (*cropping management*) namun semua faktor harus diperhitungkan. Hal ini disebabkan dalam Persamaan USLE perhitungan besarnya erosi merupakan perkalian dari keenam faktor tersebut. Cara-cara konservasi air seperti uraian dalam Sub-Bab 5.3.8 merupakan upaya-upaya pengurangan erosi lahan.

Ketika kita melakukan konservasi air maka kita juga sekaligus melakukan konservasi tanah. Dengan melakukan konservasi tanah dan air sekaligus kita juga melakukan kegiatan yang mengurangi erosi lahan.

Gambar 10-33. Hubungan pengelolaan sumber daya air, pengelolaan erosi dan sedimentasi dan penataan ruang

Gambar 10-34. Peta kepekaan tanah terhadap erosi Provinsi Jawa Barat (WJPES, 2004)

Pengendalian sedimen kita lakukan di sistem sungainya. Hal ini sangat tergantung dari karakteristik geometrik hidraulik penampang sungai (lebar, tinggi air, kecepatan, debit, jenis dasar dan tebing sungai) dan karakteristik sedimen yang terangkut. Menurut Simons dan Senturk (1992), dua faktor memegang peranan utama dalam memberikan dampak kepada perencanaan sungai/ saluran stabil, yaitu kecepatan dan tegangan geser. Di dalam praktek karena penentuan tegangan geser menghadapi banyak kendala, maka kecepatan sering diterima sebagai faktor paling utama untuk mendesain sungai stabil dalam sistem alluvial.

Dapat disimpulkan secara umum bahwa dengan pengecualian pendekatan-pendekatan probabilistik dan regresi, persamaan-persamaan transpor sedimen dapat diklasifikasikan dalam bentuk dasar (Simons & Senturk, 1992 dan Yang, 1996) sebagai berikut:

$$Q_s = A(B - B_c)^D$$

di mana:

Qs = debit sedimen

A = parameter yang berhubungan dengan aliran dan karateristik sedimen

B = parameter yang bisa berupa debit Q, kecepatan aliran rata-rata u, kemiringan muka air Sw, kemiringan energi Sf, kemiringan dasar sungai So, tegangan geser τ, kuat arus τu, kuat arus satuan uS, dll.

Bc = parameter kondisi kritis yang berhubungan dengan B pada gerakan awal (*incipient motion*)

D = parameter yang berhubungan dengan aliran dan karateristik sedimen

Dengan melihat persamaan di atas maka metode perhitungan sedimen yang berdasarkan kapasitas transport dari sistem sungai tergantung dari faktor-faktor: debit, kecepatan aliran rata-rata, kemiringan (*slope*), tegangan geser, karakteristik sedimen. Apabila diinginkan melakukan pengurangan sedimen maka dapat dilakukan dengan mengurangi debit aliran, kecepatan dan melandaikan *slope*. Persoalan yang penting lagi adalah menjaga keseimbangan regim sungai di suatu lokasi.

Untuk sungai dengan material dasar dari lanau (*silt*) sampai pasir (*sand*) diketahui bahwa pada kondisi seimbang akan tercapai apabila suplai sedimen (dominan dari DAS) sama dengan kapasitas transport sedimen sistem sungai. Bila suplai lebih besar dengan kemampuan transpor sistem sungai maka yang terjadi adalah agradasi (pendangkalan), namun apabila suplai lebih kecil dari kemampuan transpor sungai yang akan terjadi adalah degradasi atau gerusan yang menimbulkan *scouring* pada bangunan air di sungai tersebut.

Contoh klasik agradasi dan degradasi adalah sebagai berikut: Agradasi terjadi pada waduk, sehingga untuk merencanakan umur waduk faktor kuantitas sedimen yang masuk ke waduk sangat menentukan. Degradasi terjadi umumnya di hilir waduk, karena material sedimen sudah terkumpul di dalam waduk. Apabila kecepatan aliran besar maka kemampuan transport juga besar sehingga akan menggerus bangunan air.

Dari hal tersebut di atas maka untuk pengendalian erosi dan sedimentasi diperlukan pemahaman dan penguasaan materi tentang erosi dan sedimen yang sangat mendalam. Sering terjadi di lapangan seorang *engineer* yang pakar di bidang tersebut berhadapan dengan banyak pihak yang memiliki pengetahuan sangat terbatas tentang erosi dan sedimen namun dapat membentuk opini yang kuat walaupun hanya berdasarkan dan mengandalkan respon emosional, tanpa memperhatikan logika dan pengertian. Sistem bisa menjadi lebih membingungkan apabila proses ini diputuskan atau dianalisis oleh individu-individu yang tidak mengetahui bahwa mereka sebenarnya tidak tahu (Simons dan Senturk, 1992). Sering terjadi pendekatan teknis terlalu disederhanakan oleh individu-individu tersebut yang pada akhirnya akan menimbulkan kerugian dan dampak yang sangat besar.

Dalam kondisi alami dapat dilakukan perencanaan sungai stabil dengan kriteria kecepatan sebagai variabel dari jenis butiran tanah. Tabel berikut menunjukkan kecepatan air yang diijinkan untuk berbagai jenis tanah.

Kecepatan maximum yang dijinkan untuk sungai/saluran untuk perencanaan sungai stabil ditunjukkan dalam Tabel 10-13.

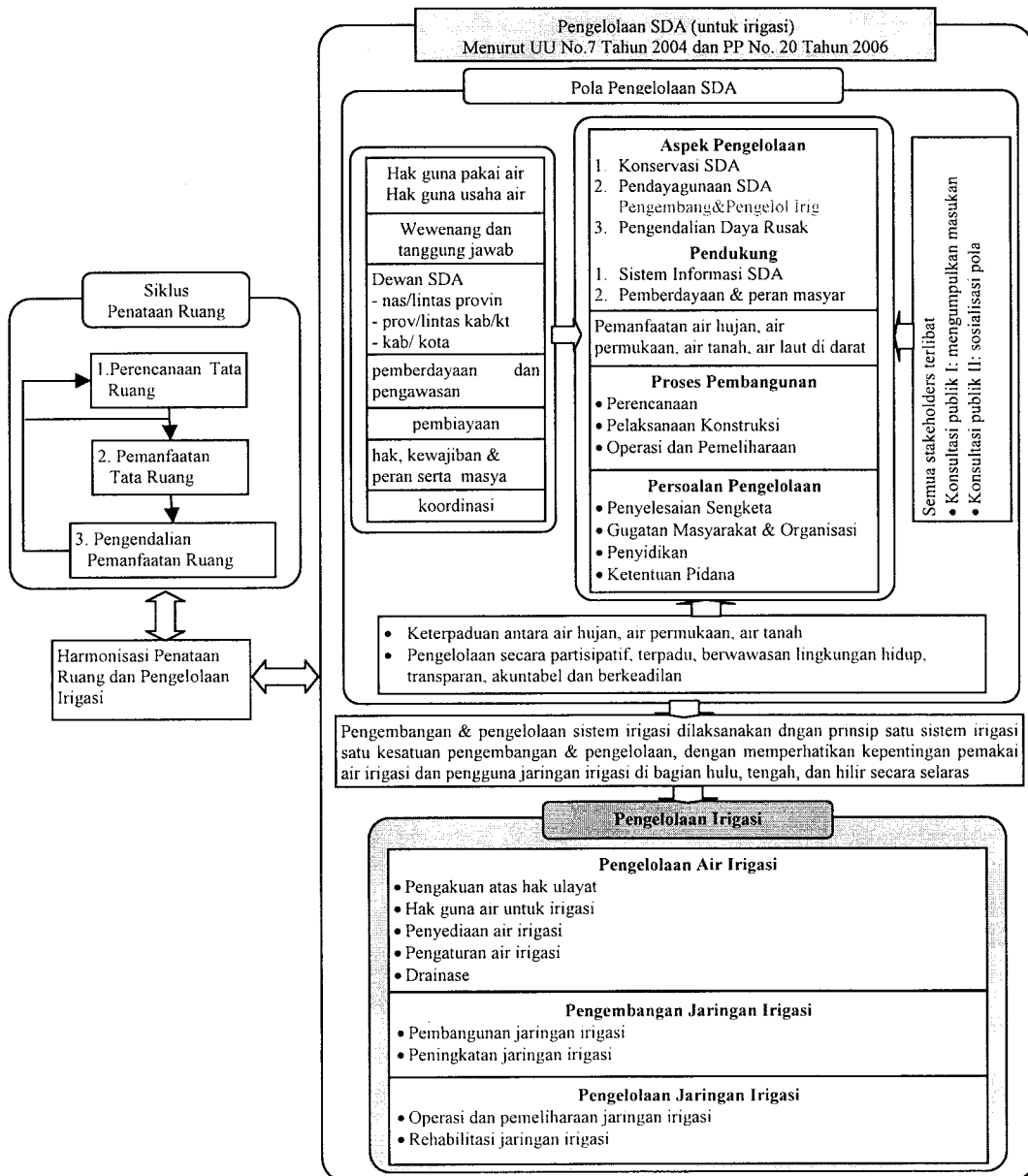
Tabel 10-13. Kecepatan maximum yang dijinkan untuk sungai/saluran untuk perencanaan sungai stabil oleh Fortier dan Scobey pada Tahun 1926 (Dalam Simons dan Senturk, 1992)

No	Material asli yang digali untuk saluran/sungai	n (Koef. Manning)	Air Bersih, tanpa kotoran	Air mengangkut lanau Koloid	Air yang mengangkut lanau non- koloid, pasir, kerikil atau Pecahan Batu
			m/dt	m/dt	m/dt
1	Pasir Halus (Koloid)	0.02	0.46	0.76	0.46
2	Tanah liat berpasir (Non Koloid)	0.02	0.53	0.76	0.61
3	Tanah Liat lanau (Non Koloid)	0.02	0.61	0.91	0.61
4	Lanau Aluvial (Non Koloid)	0.02	0.61	1.07	0.61
5	Lanau Keras biasa	0.02	0.76	1.07	0.69
6	Debu Vulkanik	0.02	0.76	1.07	0.61
7	Kerikil Halus	0.02	0.76	1.52	1.14
8	Lempung Keras	0.025	1.14	1.52	0.91
9	Gradasi tanah liat sampai batu bulat (non koloid)	0.03	1.14	1.52	1.52
10	lanau aluvial (koloid)	0.025	1.14	1.52	0.91
11	Gradasi lanau sampai batu bulat (koloid)	0.03	1.22	1.68	1.52
12	Kerikil Kasar (non koloid)	0.025	1.22	1.83	1.98
13	Batu bulat dan batu belah	0.035	1.52	1.68	1.98
14	Serpihan dan tajam/keras	0.025	1.83	1.83	1.52

10.13 Harmoni Pengelolaan Irigasi Dengan Aspek Lain

Dikaitkan dengan definisi Pengelolaan Sumber Daya Air dalam UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air maka pengelolaan sistem irigasi adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan sistem irigasi. Di mana sistem irigasi meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, institusi pengelola irigasi, dan sumber daya manusia (Penjelasan Ayat (1) Pasal 8 UU Sumber Daya Air atau uraian No.4 Pasal 1 PP No. 20 Tahun 2006 Tentang Irigasi). Keterkaitan antara penataan ruang, pengelolaan sumber daya air, dan pengelolaan irigasi ditunjukkan pada Gambar 10-35.

Sebagai catatan dalam UU No 7 Tahun 2004 disebutkan bahwa irigasi didefinisikan sebagai usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak {Penjelasan Ayat (1) Pasal 41}. Masing-masing jenis irigasi tersebut secara rekayasa (teknis) berbeda baik mulai dari proses penyediaan air sampai pembuangan (drainase) air.

Oleh karena itu di samping mengacu pada PP 20 Tahun 2006, maka irigasi rawa harus juga mengacu ke peraturan tentang rawa (saat ini masih RPP rawa) dan untuk irigasi air bawah tanah harus mengacu pula pada PP 43 Tahun 2008 tentang air tanah. Demikian pula irigasi tambak juga harus mengacu pada peraturan, norma, standar, pedoman dan manual tentang tambak.

Gambar 10-35. Hubungan Pengelolaan Irigasi, Pengelolaan Sumber Daya Air, dan Penataan Ruang (UU No. 26 Tahun 2007, UU No. 7 Tahun 2004, PP No. 20 Tahun 2006)

DAFTAR PUSTAKA

1. Ackers, P., and White, W.R., 1973. Sediment Transport: New Approach and Analysis. J. Hyd. Div. ASCE, 99, no. HY11:p. 2041-60.
2. Ackers, P., and White, W.R., 1980. Bed Material Transport: a Theory for Total Load and Its Verification. Proc. of the Int. Symp. On River Sed., ed. By the Chinese Society of Hydraulic Eng. Vol. I, Beijing.
3. ADB (Asian Development Bank), 1990. Disaster Mitigation in Asia and the Pasific. Regional Disaster Mitigation Seminar Manila 10-12 October, Manila, Pilipina.
4. Agenda 21-Indonesia, 1997. Strategi Nasional Untuk Pembangunan Berkelanjutan. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup.
5. Albertson, Maurice L., 1999. The Village Earth Model for Sustainable Village Development. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.
6. Alihamsyah, T., 2004. Potensi dan Pendayagunaan Lahan Rawa untuk Peningkatan Produksi Ekonomi Padi dan Beras Indonesia.
7. Andriesse, J.P., 1988. Nature and Management of Tropical Peat Soils. FAO Soils Bull. 59. 165 hlm.
8. Anggoro, Sutrisno Prof.Dr.Ir. MS (Ketua Program Magister Sains Sumber Daya Pantai Undip), 2008. Penyusunan Rencana Kawasan budidaya/ Perikanan Tangkap. Power Point.
9. Anon, 1975. Squeezing the Underground Sponge. Supplement to New Civil Engineer, Inst. Engineers, 14.
10. Anon., 1981. Water Research News. Water Research Centre, Medmenham, England.
11. Ansori Imam, 2004. Konsepsi Pengelolaan Sumber Daya Air Menurut UU No. 7 Tahun 2004. Makalah, Dep. Kimpraswil.
12. Anwarhan, H., 1989. Bercocok Tanam Padi Pasang Surut dan Rawa.
13. Arifin, M.Z., dan M.A. Susanti, 2005. Inventarisasi dan Karakterisasi Potensi Sumber Daya Lahan Rawa. Balittra: Banjarbaru. Hlm 2-6.
14. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No.40, 1987.
15. ASCE Task Committee of the Hyd. Div., 1971. Sediment Transportation Mechanics: F. Hydraulic Relations for Alluvial Streams. J. Hyd. Division, Vol. 97, No. HY1 p.101-141.
16. Asdak, Chay, 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Derah Aliran Sungai, Gajahmada University Press.
17. Ashida, K., and Michiue, M., 1973. Study on Bed Load Transport Rate in Open Channel Flows. International Symposium on River Mechanics. IAHR, Bangkok, Thailand, p. A36-1-12.
18. Awang, HS, 2009. Geologi Indonesia: Dinamika dan Prosesnya. Blognya Ahli Geologi Indonesia. http://geologi.iagi.or.id/2009/03/10/geologi-indonesia-dinamika-dan-prosesnya/comment-page-1/, *down load* Tanggal 11 September.
19. Back, William, Herman, Janet S., and Paloc, Henry, 1992. Hydrogeology of Selected Karst Region. Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG.

20. Badan Geologi, Dep. Enegi dan Sumber Daya Mineral. Peta Cekungan Sedimen. Berdasarkan Data Gaya Berat dan Geologi.
21. Bagnold, R.A., 1966. An Approach to the Sediment Transport Problem from General Physics. Professional Paper 422-I. USGS, Washington, D.C.
22. Balai PSDA Bengawan Solo, 2003. Skema Irigasi Colo, Waduk Wonogiri.
23. Balai WS Sumatra VI Jambi, 2009. Rancangan Rencana PSDA WS Batanghari. Draft Laporan Akhir.
24. Barber, Nicola, 2002. Bencana Alam Kebakaran dan Banjir, alih bahasa oleh Setiadi Handoko. Elex Media Komputindo: Jakarta.
25. Barry, Zondag and Poul Grashoff, 2008. Integrated Planning For Space And Water: Java Spatial Model (JSM) Methodology. Direktorat Jenderal Penataan Ruang.
26. BC Wild and Environmental Mining Council of BC, 1997. Acid Mining Drainage. Mining & Water Pollution Issues in British Columbia, Canada.
27. Bear, Jacob, 1979. Hydraulics of Groundwater. McGraw-Hill Book Company.
28. Bell, F.G., 2007, Engineering Geology Second Edition. Elsevier: Amsterdam.
29. Berke, Philip R., Godschalk, David R., Kaiser, Edward J., and Rodriguez, Daniel A., 2006. Urban Land Use Planning. 5th Edition. University of Illinois Press, Urbana and Chicago.
30. Beven, Keith J., 2003. Rainfall Runoff Modelling. John Wiley & Sons Ltd, England.
31. Billups, Scott Los Angeles-based director and visual effects artist, 2003. Ultimate Blast: Eruption at Krakatau. Hosted and narrated by James Wood. An hour-long episode in The Discovery Channel's *Moments In Time* series. Airs on Saturday, August 9 at 12 noon (ET).
32. Bishop, A.C., Wooley, A.R., and Hamilton, W.R., 2007. Guide to Minerals, Rocks and Fossils. Third Printing, Firely Books Publisher.
33. Biswar, Asit K., 1997. Water Resources: Environmental Planning, Management, and Development. McGraw-Hill.
34. Bledsoe, B.P., 1999. Specific Stream Power as an Indicator of Channel Pattern, Stability and Response to Urbanization. Ph.D. Dissertation, Colorado State University.
35. Bouwer, Herman, 1978. Groundwater Hydrology. Int. Student Ed., McGraw-Hill Kogakusha Ltd.
36. Bowler, Sue, 2003. Bumi yang Gelisah. Alih bahasa oleh Dwi Stya Palupi. Erlangga: Jakarta.
37. Boyce, R. 1975. Sediment Routing and Sediment Delivery Ratios. In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. USDA-ARS-S40, pp. 61-65.
38. BPS Indonesia, Jakarta, 1997. Proyeksi Penduduk Jawa Tengah Sampai Dengan Tahun 2000.
39. BPS, Jakarta, 2000. Indonesia Dalam Angka.
40. Brebbia, C.A., and Connor, J.J., 1973. Numerical Methods in Fluid Dynamics. Proc. Of Int. Conference held at the University of Southampton 26th to 28 th September. Pentech Press, London and Crane, Russk & Company, Inc., New York.
41. Brierley, Gary J., and Fryirs, Kirstie A., 2005. Geomorphology and River Management – Application of the River Styles Framework. Blackwell Publishing, USA, UK and Australia.
42. Brooks, Kenneth N., Folliott, Peter F., Gregersen, Hans M., and Easter, William K., 1994. Policies for Sustainable Development: The Role of Watershed Management. EPAT/MUCIA Policy Brief No. 6, Arlington, VA, August.
43. Brooks, Kenneth N., Folliott, Peter F., Gregersen, Hans M., and Thames, John L., 1991. Hydrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press/AMES.

44. Brownlie, W.R., 1981. Prediction of Flow Depth and Sediment Discharge in Open Channel. Report no. KH-R-43A. W.M. Keck Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena.
45. Budiharjo, Eko dan Sujarto, Djoko, 1999. Kota Berkelanjutan. Diterbitkan atas kerjasama Yayasan Adikarya IKAPI dan The Ford Foundation. Penerbit Alumni, Bandung.
46. Cano, G.J., 1985. Conflict Management: Tools and Principles. Paper in Strategies for River Basin Management (book) ed. by Lundqvist, Jan, Lohm, Ulrik, and Falkenmark, Malin. Published by D. Reidel Publishing Company.
47. Cao, Zhixian, Wang, Wensheng, and Dong, J., 1997. Suspended Sediment Transport Capacity of Open Channel Flow. International of Journal of Sediment Research Vo. 12, No. 3, p. 1-10.
48. Carter, W.N, 1992. Disaster Management (A Disaster Manager's Handbook). Asian Development Bank, Philipines.
49. Center for Global Studies, 1993. Towards Understanding Sustainability. Woodlands Forum, Vol. 10 No. 1.
50. Chang, H.H., 1986. River Channel Changes: Adjustments of Equilibrium. J. Hyd. Eng., Vol. 112, No.1 p. 43-55.
51. Changnom, Stanley A., Jr., 1987. Detecting Drought Conditions in Illinois. Illinois State Water Survey, Champaign.
52. Chebotarev,I.I., 1955. Metamorphism of Natural Waters in the Crust of Weathering. Geochim. Cosmochim. Acta, 8, pp. 22-48, 137-170, 198-212.
53. Chesapeake Bay Program, 1994. A Work In Progress: A Retrospective on the First Decade of Chesapeake Bay Restoration. Annapolis, MD.
54. Chow, Ven Te & Maidment, David R. & Mays, Larry W., 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company.
55. Cicin-Sain B. 1993. Introduction to the Special Issue on Integrated Coastal Management: Concepts, Issues and Methods. Ocean and Coastal Management, Vol. 21. pp1 – 9.
56. City of Fort Collins, 1986. Annual Budget. Fort Collins, Colorado, USA.
57. Clark, L., 1985. Groundwater abstraction from Basement Complex Areas of Africa. Q. J. Eng. Geol.
58. Colby, B.R., 1964. Practical Computations of Bed-material Discharge. J. Hyd. Division, Vol. 90, No. HY2 p. 217-246.
59. Colley, Barbara C., 1999. Practical Manual of Land Development Third Edition. McGraw-Hill:New York.
60. Collins Cobuild, 1988. English Language Dictionary. Collins London and Glasgow.
61. CRISP (Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing), 2009. Situ Gintung Dam Burst, Jakarta, Indonesia. Satellite images. National Univ. of Singapore, 28 March.
62. CTI Eng & Nippon Koei Dec 1995. The Study on Kampar-Indragiri River Basin Development Project. Vol.2.
63. Custodio, E., 1987. Methods to Control and Combat Saltwater Intrusion in Groundwater Problems in Coastal Areas. The International Hydrological Programme Working Group on Changes in the Salt-Fresh Water Balance in Deltas, Estuaries and Coastal Zone due to Structural Works and Groundwater Exploitation Distribution.
64. Dahuri, H.R., Rais, J., Ginting, S.P., dan Sitepu, M.J., 1996. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
65. Danaryanto H., 2008. Kebijakan Pengelolaan Air Tanah. Dit Pembinaan Pengusahaan Panas Bumi Dan Pengelolaan Air Tanah, Direktorat Jenderal Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Departemen

Energi dan Sumber Daya Mineral.Sosialisasi Peraturan Perundangan dalam rangka Penegakan Hukum Air Tanah di Provinsi Jawa Barat (berdasarkan PP tentang Air tanah yang sedang dipersiapkan Pemerintah), Bandung, 17 April.

66. Danaryanto H., Djaendi, Hadipuwo Satriyo, Tirtomihajo Haryadi, Setiadi Hendri, Wirakusumah A. Djumarma, Siagian Yousana OP., 2005. Air Tanah di Indonesia Dan Pengelolaaannya. Editor Hadi Darmawan Said, Dit Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Ditjen Geologi Dan Sumber Daya Mineral, Dep. Energi dan Sumber Daya Mineral.
67. Danaryanto, & Kodoatie, Robert J., & Satriyo, Hadipurwo, Dan Sangkawati, Sri, 2008a. Manajemen Air Tanah Berbasis Cekungan Air Tanah. Diterbitkan oleh: Direktorat Pembinaan Pengusahaan Panas Bumi dan Pengelolaan Air Tanah, Direktorat Jenderal Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
68. Danaryanto, & Kodoatie, Robert J., & Satriyo, Hadipurwo, Dan Sangkawati, Sri, 2008b. Manajemen Air Tanah Berbasis Konservasi. Diterbitkan oleh: Direktorat Pembinaan Pengusahaan Panas Bumi dan Pengelolaan Air Tanah, Direktorat Jenderal Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
69. Danaryanto, Ir., MSc dan Hadipurwo, Satriyo, Ir., MEng., 2006. Konservasi Sebagai Upaya Penyelamatan Air Tanah di Indonesia, disampaikan pada:Seminar Nasional Hari Air Dunia 2006. Direktorat Pembinaan Pengusahaan Panas Bumi dan Pengelolaan Air Tanah Direktorat Jenderal Mineral Batubara dan Panas Bumi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
70. Das, Ghanshyam, 2000. Hydrology and Soil Conservation Engineering. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
71. Davis, Stanley N., 1969. Porosity and Permeability in Natural Materials. In Flow through Porous Media, ed. R. J. M. DeWiest. New York: Academic Press.
72. Davis, Stanley, N. and DeWiest, Roger, J.M., 1966. Hydrogeology. John Wiley & Sons, Inc.
73. DeBarry, Paul A., PE, PH, APSS, 2004. Watersheds: Prosesses, Assement and Management. Publisher John Wiley & Sons.
74. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi), 2004. Lempeng Tektonik di Indonesia.
75. Dep Sosial 1987 dan 1989 dalam Direktorat Sungai 1994. Teknologi Pengendalian Banjir Di Indonesia.
76. Departemen Kimpraswil, Panitia Sosialisasi UU SDA, 2004. Konsepsi dan Pokok-Pokok Pengaturan Sumber Daya Air Menurut UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air.
77. Departemen Pekerjaan Umum, 1986. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Direktorat Jenderal Pengairan.
78. Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah (Kimbangwil), 1999. Penerapan Sistem Manajemen Lingkungan Bidang Ke-PU-an. Bahan Diskusi Ilmiah, 29, 285.
79. Derbyshire, David, 2008. New Dinosaurs Discovered by British Scientists in Sahara desert. http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1095606/ New-dinosaurs-discovered-British-scientists-Sahara-desert.html. Last up dated at 3:33 PM on 17th December.
80. Devas, N. and Rakodi, C. 1993. Managing fast growing cities New Approaches to Urban Planning and Management in the Developing World Longman, Harlow, UK.
81. Dewberry and Davis. 1966. Land Development Handbook, Planning, Engineering, and Surveying. McGraw Hill: United States of America.

82. DigitalGlobe, Jan 2005. DigitalGlobe QuickBird Images of Tsunami Sites.htm - Banda Aceh Shore before and After Tsunami.
83. Dikau Richard, Brunsden Denys, Schrott Lothar and Ibsen Maia-Laura, Editors, 1997. Landslide Recognition – Identification, Movement and Causes. Report No. 1 of the European Commission Enviroment Pragramme Contract No. EV5V-CT94-0454. John Wiley & Sons.
84. Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kota Samarinda, 2002. Penyusunan Outline Rencana Induk Drainase Kota Samarinda. Laporan Akhir.
85. Dinas Kimpraswil Provinsi Riau dan Fak. Teknik Undip, 2003. Kajian Banjir Sungai Kampar Provinsi Riau – Dampak Keberadaan Waduk Koto Panjang. 8 Desember.
86. Dinas Kimpraswil Riau, 2004. Bencana Alam Banjir Provinsi Riau Dari 24 Oktober Sampai 27 Desember 2004. Laporan Banjir 2004.
87. Dinas Pertambangan dan Energi Prop Jawa Tengah, 2007. Potensi Cekungan Air Tanah di Provinsi Jawa Tengah dan DIY.
88. Dinas Pertanian Tanaman Pangan Jawa Tengah, 2002. Peta Daerah Rawan Kekeringan dan Banjir Pada Tanaman Padi.
89. Dinas PU Pengairan Jawa Tengah, 2001. Data Pokok Pengairan 2000.
90. Dinas PU Prov Kaltim, 2009. Rancangan Pola PSDA WS Berau Kelay. Draft Lap. Akhir.
91. Diplas, P., 1987. Bed-load Transport in Gravel-Bed Streams. J. Hyd. Eng., Vol. 113, No. 3 p. 277-292.
92. Diposaptono, Subandono dan Budiman, 2006. Tsunami. Edisi II, Januari. Penerbit Buku Ilmiah Populer PT. Sarana Komunikasi Utama, Bogor.
93. Diposaptono, Subandono, Budiman, dan Firdaus, 2009. Menyiasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil. Penerbit Buku Ilmiah Populer, Bogor, Januari.
94. Diposaptono, Subandono, dan Budiman, 2008. Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami. Penerbit Buku Ilmiah Populer, Bogor, Januari.
95. Direktorat Bina PSDA, DitJen SDAir, Dep PU, 2009. Draft Pedoman Teknis Dan Tatacara Penyusunan Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai, versi Juli.
96. Direktorat Bina Rehabilitasi dan Pengembangan Lahan, 1995. Luas Penggunaan Lahan Pasang Surut, Lebak Polder, dan Rawa Lainnya di Tujuh Provinsi. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura, Departemen Pertanian: Jakarta.
97. Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum, 1996. Pengantar. Kehilangan Air. Advance Course Maintenance of Pipe line, oleh Pusat Pelatihan Bidang Air Bersih dan Penyehatan Lingkungan Pemukiman (PLP).
98. Direktorat Jendral Sumberdaya Air, 2004. Makalah Seminar Nasional Pengembangan Lahan Rawa: Pengembangan Rawa dalam Prespektif PSDA, Evaluasi Kebijakan dan Rekomendasi Penanganan ke Depan: Jakarta.
99. Direktorat Penataan Ruang Wilayah Tengah, 2004.
100. Direktorat Rawa dan Pantai Departemen Pekerjaan Umum, 2006. Studi Konsep Kerangka Pengelolaan Rawa: Jakarta.
101. Direktorat Sungai, Ditjen Pengairan, Departemen PU, 1994. Teknologi Pengendalian Banjir Di Indonesia.
102. Direktur Bina PSDA. Substansi Penyusunan Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai. Surat kepada Para Kepala Balai Besar.

103. Dirmawan (pakar geologi Dinas PSDA Jawa Tengah), 2009. Ring of Fire, konsekuensi dan dampaknya. Personal komunikasi.
104. Dirmawan (pakar geologi Dinas PSDA Jawa Tengah), 2009a. Gunung dan Pembentukan CAT. September, Personal komunikasi.
105. Distamben Jateng dan Dit.Tata Lingkungan dan Kawasan Pertambangan, 2003. Kajian Zonasi Konfigurasi Dan Tata Guna Air Bawah Tanah Pada Cekungan Semarang-Demak, Subah, Dan Karanganyar-Boyolali Tahun 2003. Laporan Akhir.
106. Dit Rawa Pantai, 2008. Pengelolaan Rawa di Indonesia. Buku, 278 halaman.
107. Dit. Tata Kota dan Tata Daerah,1990. Ringkasan Makalah PokJa Konsep Penataan Ruang Yang Tanggap Terhadap Dinamika Pembangunan Kota. Training for Human Res. Dev. In Urban Planning/Urban Spatial Planning, Ditjen Cipta Karya, Dep PU, Bali.
108. Ditjen Pengairan, Dep. PU, 1986. Neraca air pulau di Indonesia. Rencana Pembangunan pengairan Jangka Panjang.
109. Ditjen Pengairan, Departemen PU, 1986. Standar Perencanaan Irigasi –Kriteria Perencanaan. Cetakan 1, Penerbit Badan Penerbit PU, Jakarta.
110. Ditjen Sumber Daya Air, 2002. Pengelolaan Terpadu Sumber Daya Air dan Reformasi Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Air. Lokakarya Nasional tentang Pengelolaan Terpadu Sumberdaya Air. Kerja-sama DitJen. Sumberdaya Air Dep. Kimpraswil dengan South East Asia Technical Advisory Committee (SEATAC).
111. Ditjen Tata Ruang dan Pengembangan Wilayah, 2002. Kamus Istilah Penataan Ruang dan Pengembangan Wilayah. Diterbitkan oleh Ditjen Tata Ruang dan Pengembangan Wilayah Dep. Kimpraswil.
112. Ditjen Tata Ruang dan Pengembangan Wilayah, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2002. Kamus Istilah Penataan Ruang dan Pengembangan Wilayah.
113. Domenico, Patrick A., and Schwartz, Franklin W ., 1990. Physical and Chemical Hydrogeologi. John Wiley & Sons.
114. Dou, G., Zhao, S., and Huang, Y., 1987. A Study on Two Dimensional Mathematical Model of Total Load Transport in Streams. Proc. of the National Symp. on Math. model of Sed. Transport (in Chines), Wuhan, China.
115. Driscoll, Fletcher G., 1987. Groundwater and Wells. Johnson Division. St. Paul, Minnesota.
116. Dunne, Thomas., and Leopold, Luna B., 1978. Water in Environmental Planning. W.H. Freeman and company: United States of America.
117. Dziegieleweski, Benedykt, 1998. Application of Integrated Resources Planning Approach to Urban Drought. Chapter 12 of Book Urban Water Demand Management and Planning Edited by Duane D. Baumann et al. McGraw-Hill, New York.
118. ECAFE, 1996. Pedoman Standar dan Kriteria Untuk Perencanaan Proyek-Proyek Pengairan. Terjemahan oleh Ir. Rochmanhadi, Dep. PU. Penerbit Yayasan Badan Penerbit PU, PT. Mediatama Saptakarya.
119. Echols, John M. dan Shadily, Hassan, 1988. Kamus Inggris Indonesia. Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.
120. Echols, John M. dan Shadily, Hassan, 2002a. Kamus Indonesia Indonesia. Edisi III, Cetakan VII. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
121. Echols, John M. dan Shadily, Hassan, 2002b. Kamus Inggris Indonesia. Cetakan XXVI. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

122. Edgren, G., 1993. Expected Economic and Demographic Development in Coastal World Wide, National Institute for Coastal and Marine Management, Coastal Zone Management Centre, Noordwijk, Netherland.
123. Einstein, H.A., 1950. Estimating Quantity of Sediment Supplied to Streams in and to a Coast. Proc. Coastal Eng. Conference, p. 137-139.
124. Einstein, H.A., 1964. Sedimentation, Part II: River Sedimentation. In Handbook of Applied Hydrology sec.17, ed. Chow, V.T. McGraw-Hill, New York.
125. en.wikipedia.org/wiki/Management (dalam http://www.leadership501. com/ definition-of-management/21/), 2007. Definition of Management. Artikel, January 30.
126. Endarmoko, Eko, 2006. Tesaurus Bahasa Indonesia. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
127. Engelund, F., 1966. Hydraulic Resistance of Alluvial Streams. J. Hyd. Div., Vol. 92, No.HY2 p. 315-327.
128. Engelund, F., and Fredsoe, J., 1976. A Sediment Transport Model for Straight Alluvial Channel. Nodic Hydrology, Vol. 7, p. 293-306.
129. Engelund, F., and Hansen,E., 1967. A Monograph on Sediment Transport Alluvial Streams. Copenhagen: Teknik Vorlag.
130. Enger, Eldon D., and Smith, Bradley F., 2000. Environmental Science – A Study of Interrelationships. 7th ed., McGraw Hill.
131. Environmental Energy Study Institute Task Force, 1991. Patnership for Sustainable Development, a New US. Agenda for International Development and Envoronmental Security, Washington, May 1991.
132. EPA (Environmental Protection Agency), 1993. Guidance specifying management measures for sources of nonpoint source in coastal waters. Washington , D.C.: Environmental Protection Agency, # EPA-840-B-92-002.
133. Ervin, Stephen M., Hasbrouck, Hope H., 2001. Landscape Modeling, Digital Techniques for Landscape Visualization. Mc.Graw Hill: United States of America.
134. Fahey, D.W. (Lead Author), 2002. Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002, 42 pp., World Meteorological Organization, Geneva, 2003. [Reprinted from Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002, Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 47, 498pp., World Meteorological Organization, Geneva, 2003.]
135. Fakultas Teknik Undip, 2003. Model Test Bangunan Pengamanan Tebing Sungai Kampar Di Kabupaten Kampar. Kerjasama dengan Proyek engendalian Banjir Dan Pengamanan Pantai Riau, Dinas Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pemerintah Provinsi Riau Sumber Dana APBN, Tahun Anggaran 2003.
136. Fetter, CW., 1994. Applied Hydrogeology. 3rd Ed., Prentice Hall, Engelwood Cliffs, NJ 07632.
137. FISRWG (Federal Interagency Stream Restoration Working Group (15 Federal agencies of the US). In Stream Corridor Restoration: Principle, Processes, and Practices.
138. Fleming, G., 2002. Flood Risk Management-Learning to live with rivers. Editor. Thomas Telford: London.
139. Freeze, R. Allan and Cherry, John A., 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

140. Furukawa, H., 1994. Coastal Wetland of Indonesia: Environment, Subsistence and Exploration. Kyoto Univ. Press: Japan. 219 p.
141. Gallion, Arthur B., Eisner, Simon, 1986. The Urban Pattern, City Planning and Design. fifth edition. Van Nostrand Reinhold: New York.
142. Gany, Hafied, 1992. Rekayasa Sosial Dalam Pembangunan. Journal Pengairan
143. Garde, R.J. and Rangaraju, K.G., 1966. Resistance Relationships for Alluvial Channel Flow. J. Hyd.Div., Vol. 92, No. HY4 p. 77-100.
144. Garlick, Mark A. 2003. Jagat Raya yang Mengembang, alih bahasa oleh Terry Mart. Erlangga: Jakarta.
145. Gayo (1992),
146. Gemmel, Kathy, 2004. Badai dan Angin Topan. Alih bahasa oleh Endang Naskah Alimah, Penerbit Pakar Raya, Bandung.
147. Global Volcanism Program, 2007. "Volcanoes of Indonesia". Smithsonian Institution. Retrieved on 2007-03-25.
148. Global Water Partnership (GWP), 2001. Integrated Water Resources Management. GWP Box, Stockholm, Sweden.
149. Godschalk, David R., 2004. Landuse Planning Challenges: Coping with American Planning Association 70 (1): 5-13.
150. Goldman, Steven J., Jackson, Khatarine, and Bursztynsky, Taras A.,1986. Erosion and sediment control handbook. McGraw Hill, New York.
151. Goodman, Richard E., 1993, Engineering Geology : Rock in Engineering Construction, John Wiley and Sons, Inc: New York.
152. Government Finance Research Centre, Financial Management Assistance Program, 1981. Planning for Clean Water Programs, the Role of Financial Analysis. U.S Government Printing Office, Washington, D.C
153. Green, Colin, Johnson, Clare and Rowsell, Edmund Penning, 2004. Integrated Flood Management: Concept Paper. The Flood, Hazard Research Centre (FHRC), University of Middlesex, U.K. It has been enriched through contributions and comments made by participants at the Session on Integrated Flood Management held during the Third World Water Forum in March 2003 in Kyoto, members of WMO's Commission for Hydrology (CHy) and other experts.
154. Grigg, Neil, 1988. Infrastructure Engineering and Management. John Wiley dan Sons.
155. Grigg, Neil, 1996. Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases. McGraw-Hill.
156. Grigg, Neil, and Vlachos, Evan C., 1990. Drought Water Management. Work Shop On Proceeding, Washington DC., November 1988.
157. Grigg, Neil, and Vlachos, Evan C., 1993. Drought and Water-Supply Management: Roles and Rsponsibilities. J. of Water Resources Planning and Management, Vol. 119, No. 5 September-October.
158. Grigg, Neil, dan Fontane G. Darell, 13 July 2000. Infrastructure Systems Management dan Optimization. International Seminar "Paradigm dan Strategy of Infrastructure management", Civil Engineering Department Diponegoro University.
159. Guntoro Agus dan Djamaluddin Ridwan, 2005. Potensi Tsunami akibat Pergerakan Patahan Aktif. Dosen Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Trisakti, Jakarta dan Peneliti P3 TISDA - BPPT Keduanya anggota Tim Ekspedisi Java Trench 2002. Dalam Kolom Iptek Kompas Sabtu, 26 Oktober 2002.

160. Hadimoeljono, Basoeki M., 2006. Makalah Inovasi Dan Prospek Pengembangan Rawa di Masa Depan, dalam Seminar Nasional Peran dan Prospek Pengembangan Rawa Dalam Pembangunan Nasional: Jakarta.
161. Hadimuljono, Basuki, Direktur Jenderal Sumber Daya Air Dep.PU dan Dosen Tamu, 2005. Menuju Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Kuliah Umum Pada Program Doktor Teknik Sipil Universitas Diponegoro Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang, 5 Maret.
162. Halley, Ned, 1999. Melihat Lebih Dekat Bencana 1, alih bahasa oleh Dian Rahmasari. Elex Media Komputindo: Jakarta.
163. Halley, Ned, 2004. Melihat Lebih Dekat Bencana 2. Elex Media Komputindo: Jakarta.
164. Hall, Robert, 1995. South East Asia Reconstructions 50-0 Ma. South East Asia Research Group. London University.
165. Hamengku buwono X, 2002. Indonesia in Waiting: Sebuah Permainan Tanpa Akhir. Makalah dalam Buku "Strategi Pemberdayaan Daerah Dalam Konteks Otonomi–Visi Sosial, Ekonomi dan Budaya Legislatif–Eksekutif DIY, Penyunting Boedi Dewantoro, Philosophy Press, Yogyakarta.
166. Hanafi , Mamduh M., 1997. Manajemen. Cet. I. Penerbit dan Pencetak Unit Penerbitan dan Percetakan Akademi Manajemen Perusahaan YKPN, Yogyakarta.
167. Heathcote, Isobel W., 1998. Integrated Watershed Management: Principles and Practice. John Wiley and Son, Inc.
168. Hendrayana, Heru, Dr., 2007. Pengembangan Airtanah Sebagai Non Re-newable Resources Berbasis Risk Assessment. Makalah Disampaikan pada: Lokakarya Rekayasa Penanggulangan Dampak Pengambilan Air Tanah, Penyelenggara Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral, Jakarta, 6 September 2007.
169. Hinton, Anne, 2006. The Tectonics of the Sumatran earthquakes. http://www.thenakedscientists.com/HTML/articles/article/annehintoncolumn1.htm-1/, May 2006.
170. Hogendijk, Willem, 1996. Revolusi Ekonomi Menuju Masa Depan Berkelanjutan dengan Membebaskan Perekonomian dari Pengejaran Uang Semata. Yayan Obor Indonesia, Jakarta.
171. Holmgren, P. and Persson, R., 2002. Evolution and prospects of global forest assessments. Unasylva - No. 210 - FOREST ASSESSMENT & MONITORING. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Editor: A. Perlis. An international journal of forestry and forest industries - Vol. 53 2002/3.
172. HSE (Health and Safety Executive), 1999. Reducing risks, protecting people. HSE, London.
173. http://ariekanayakirana.wordpress.com/2007/09/25/definisi-manajemen/, 2009. Definisi MANAJEMEN. 25 September.
174. http://earthobservatory.nasa.gov, 2003. Recent Warming of Arctic May Affect Worldwide Climate. 10th Anniversary 1999-2009. /Newsroom/ view.php? October 23.
175. http://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_atmosphere, 2009. File:Atmosphe re_layers-en.svg, 7 April.
176. http://en.wikipedia.org/wiki/Swamp, 2009. Swamp. from glossary webpage of the United States Geological Survey. Diambil dari internet 16 Februari.
177. http://id.wikipedia.org/wiki/Air, 2009. Definisi "air". Diambil dari internet 26 Maret.
178. http://id.wikipedia.org/wiki/Garis_pantai. Definisi Garis Pantai. Halaman Utama
179. http://id.wikipedia.org/wiki/Pantai. Definisi Pantai. Halaman Utama.
180. http://id.wikipedia.org/wiki/Rawa, 2009. Rawa. Diambil dari internet 16 Februari.
181. http://id.wikipedia.org/wiki/Risiko, 2009. Definisi Risiko. Diambil dari internet 19 Februari.

182. http://s2informatics.files.wordpress.com/2007/11/introduction.pdf, 2009. 210 - Prinsip-Prinsip Dan Praktek Asuransi. Introduction dalam Tutorial Subyek 210. Diambil dari internet 19 Februari.
183. http://simple.wikipedia.org/ wiki/Climate_change, 2009. Climate Change mean. Internet 3 Maret.
184. http://www.daimi.au.dk/~jba/hyperwiki/index.php/Swamp, 2009. Swamp. Diambil dari internet 16 Februari.
185. http://www.dephut.go.id/Halaman/Peta%20Tematik/PL&Veg/VEG98/LOSTFORE.PDF.
186. http://www.edukasi.net/pengpop/pp_full.php?ppid=281&fname= semua.html.Abrasi. Pengetahuan Populer.
187. http://www.ri.go.id/
188. http://www.shunya.net/Pictures/Egypt/Memphis/Memphis.htm. Pyramids of Giza - Memphis, Egypt.
189. http://www.thefreedictionary.com/scenario. Definition of Scenario.
190. Hunt, E. Roy, 1984. Geotechnical Engineering Investigation Manual. McGraw-Hill Book Inc., New York.
191. Huntingdon & MacDougall, 2002. Flood Risk. Dalam Buku Flood Risk Management-Learning to live with rivers. Editor. Fleming, G.Thomas Telford: London.
192. Husain, SK., 1984. Text Book of Water Supply and anitary Engineering. Fourth printing, Published by Gulab Primlani, Oxford & IBH Publishing Co.
193. Indrawan, 2006. Kamus lengkap bahasa Indonesia. Lintas Media: Jombang.
194. International Monetary Fund (April 2006). Estimate World Economic Outlook Database. Press release. Estimate. Retrieved on 2006-10-05. ; "Indonesia Regions". Indonesia Business Directory. Retrieved on 2007-04-24.
195. IPCC, 2001. Climate Change 2001. The IPCC Third Assessment Report.
196. Irwan, Dadang, 2005. Pengaruh Pemanfaatan Lahan Terbangun terhadap Luas Genangan Banjir Di Kota Samarinda. Tesis S2 pada Program Pasacasarjana Magister Perencanaan Pembangunan Wilayah Dan Kota Universitas Diponegoro.
197. Ismail, LG., dkk., 1993. Sewindu Penelitian Pertanian di Lahan Rawa: Kontribusi dan Prospek Pengembangan. SWAMPS II-Puslitbangtan: Bogor. 128 Hlm.
198. Ismawan, Indra, 1999. Risiko Ekologis di Balik Pertumbuhan Ekonomi. Penerbit Media Pressindo bekerja sama dengan Yayasan Adikarya IKAPI dan the Ford Foundation, Yogyakarta.
199. Jansen, P.Ph., L. van Bendegom, J. van den Berg, M. de Vries & A. Zanen, 1979. Principles of River Engineering; The Non-Tidal Alluvial River. Pitman, London (1979) [ISBN 0-273-01139-1]; Delft University Press (1994) [ISBN 90-407-1280-8].
200. Jaramillo, W.F., and Jain, S.C., 1984. Aggradation and Degradation of Alluvial-Channel Beds. J. Hyd. Eng., Vol. 110, No. 8 p. 1072-85.
201. Jayadinata, Johara T., 1992. Tata guna tanah dalam perencanaan pedesaan perkotaan dan wilayah. Penerbit ITB, Bandung.
202. Jeppson, Ronald W., 1976. Analysis of Flow in Pipe Networks. Butterworth Publishers.
203. Johnson, Edward E., 1974. Ground Water and Wells. Johnson Division, Universal Oil Products Co.: Saint Paul, Minnesota.
204. Julien, P.Y., 1995. Erosion and Sedimentation. Cambridge University Press.
205. Jurusan Teknik Sipil FT Teknik Undip, 2001. Studi Pengembangan Sumber Daya Air di Pulau Bintan, Kabupaten Kepulauan Riau. Laporan Akhir.

206. Kaiser, J. Edward, 1995. Urban Land Use Planning. The Board of Trustees of The University of Illinois: United States of America.
207. Kamphius J.W., 1974. Determination of Sand Roughness for Fixed Beds. J.Hyd. Res. IAHR, 12, no. 2:193-203.
208. Kamus Istilah Penataan Ruang dan Pengembangan Wilayah Ditjen Tata Ruang dan Pengembangan Wilayah, 2002.
209. Karanth, K. R., 1987. Ground Water Assessment: Development and Management. Tata McGraw-hill :West Patel Nagar, New Delhi.
210. Karim, F. and Kennedy, J.F., 1981. Computer-based Predictors for Sediment Discharge and Friction Factor of Alluvial Streams. Report no. 242. Iowa Institute of Hydraulic Research, University of Iowa.
211. Karim, M.F., 1998. Bed Material Discharge Prediction for Non-uniform Bed Sediments. J. Hyd. Eng., ASCE, Vol. 124, No. 6, p. 597-604.
212. Kashef, Abdel-Aziz Ismail, 1986. Groundwater Engineering. McGraw-Hill Book Company.
213. Kasiro Ibnu, Adidharma Wanny, Rusli Bhre Susantini Nugroho CL., dan Sunarto, 1997.
214. Katili, J.A., 1974. Geological Environment of the Indonesian Mineral Deposits – A Plate Techtonic Approach. Publikasi Teknik Seri Geologi Ekonomi No. 7 Geological Survey of Indonesia. Dit Geologi Ditjen Pertambangnan, Departemen Pertambangan.
215. Kay, R., dan Alder, J., 1999. Coastal Planning and Management, E and FN Spon, London.
216. Keller, E.A. & Pinters, N., 1996. Active Tectonics. Prentice-Hall, Upper Saddle River, 338 pp.
217. Keller, Edward A., 1979. Environmental Geology. 2nd Edition. Published by Charles E Merrill Publishing Company A Bell & Howell Company, Columbus, Ohio USA.
218. Kemur, Raymond, Dit. Jen. Penataan Ruang, Dep. PU., 2008. Penentuan garis pantai berdasarkan kondisi alam. Personal Komunikasi dan Diskusi, Agustus.
219. Kemur, Raymond, Ir. MSc., 2004. Personal Komunikasi tentang *Zero Delta Q (ΔQ) policy* dipopulerkan dan direkomendasi oleh Raymond Kemur di setiap pertemuan, seminar, *workshop, training*, diseminasi dll.
220. Kep. Dirjen. Pengairan Departemen PU, No: 71/KPTS/A/1985, 5 Maret, 1985. Pedoman Pecatatan Banjir Maximum di Indonesia. Edisi Bahasa Inggris.
221. Keputusan Menteri Energi Sumner Daya Mineral No. 716/K/40/MEM/2003 tentang Batas Horisontal Cekungan Air Tanah di Pulau Jawa dan Pulau Madura.
222. Keraf, A. Sonny, 2001. Etika Lingkungan. Penerbit Buku Kompas.
223. Khiatuddin, M., 2003. Melestarikan Sumber Daya Air Dengan Teknologi Rawa Buatan. Gadjah Mada University Press.
224. Kinori, B.Z., and Mevorach, J., 1984. Manual of Surface Drainage Engineering. Vol. II Stram Flow Engineering and Flood Protection. Elsevier Science Publisher B.V., Amsterdam, the Netherlands.
225. Knott, J.M., 1974. Sediment Discharge in Trinity River Basin, California. Water-Resource Investigation 49-73, USGS, p. 62.
226. Kodoatie, Robert J. 2007b. Survey air tanah di daerah Jakarta Utara. Foto.
227. Kodoatie, Robert J. Dan Sugiyanto, 2002. BANJIR – Beberapa penyebab dan metode pengendaliannya dalam perspektif Lingkungan. Cetakan 1 Tahun 2002, Penerbit Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

228. Kodoatie, Robert J. dan Suripin, 3 Juni 2000. Paradigma Dan Strategi Pengembangan Sumber Daya Air dalam rangka menyongsong era otonomi daerah. Seminar Nasional "Paradigma Dan Strategi Pengembangan Sumber Daya Air Pada Abad 21" Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Undip.
229. Kodoatie, Robert J. Ph.D., Djohan Ramli, Ir.MM., Wahyono Edy, Ir. M.Eng., Pratiknyo Prabowo, Ir. ME. Sardjono Michael, Ir., 2006. Pengelolaan Rawa. Dit. Rawa & Pantai, Dit.Jen. Sumber Daya Air, Dep. PU.
230. Kodoatie, Robert J., 14 Juli 2000. "Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Alam". Suara Merdeka Semarang.
231. Kodoatie, Robert J., 18-19 Oktober 2001b. "Paradigma Pengelolaan Sumber Daya Air Dalam Era Otonomi Daerah. Disampaikan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XVII HATHI, Hotel Kapuas Palace Pontianak.
232. Kodoatie, Robert J., 1991. Assignment in Pipe Flows. Civil Eng. Department, Faculty of Engineering, University of Alberta, Edmonton, Canada.
233. Kodoatie, Robert J., 1994. Kontaminasi Air Tanah. Karangan Khas di Harian Suara Merdeka, 24 April.
234. Kodoatie, Robert J., 1995a. Banjir Besar, Mungkinkah Terjadi? Karangan Khas. Suara Merdeka Semarang.
235. Kodoatie, Robert J., 1995b. Analisis Ekonomi Teknik. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
236. Kodoatie, Robert J., 1996. Pengantar Hidrogeologi. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
237. Kodoatie, Robert J., 2 April 2001a. Dampak Otonomi Terhadap Banjir. Suara Merdeka Semarang.
238. Kodoatie, Robert J., 2004a. Kunjungan Peninjauan ke Lapangan Daerah–Daerah Banjir Sungai di Pekanbaru Akibat Meluapnya Sungai Siak, 16 Januari.
239. Kodoatie, Robert J., 2004b. Kunjungan Peninjauan ke Lapangan Daerah–Daerah Banjir Sungai Kampar, Sungai Rokan dan Sungai Indragiri Bersama Instansi Terkait Provinsi Riau dan Departemen PU, 19 Desember.
240. Kodoatie, Robert J., 2004c. Sosialisasi UU No 7. Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air di Jawa Tengah.
241. Kodoatie, Robert J., 2005. Dokumentasi survey S. Mamberamo.
242. Kodoatie, Robert J., 2005a. Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur. Pustaka Pelajar: Yogyakarta.
243. Kodoatie, Robert J., 2005b. Kajian Sumber Daya Air Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Penelitian Primer Februari-Mei.
244. Kodoatie, Robert J., 2006. Disaster At Glance and Vizualization. Disaster Management in Indonesia and the Role of Diponegoro University Case Study Central Java Province. 50th ASAIHL Anniversary: (1) Symposium On The Future Role Of ASAIHL In The 21st Century (2) Conference On Disaster Management Through Regional Cooperation Center Of Japanese Studies & Four Seasons Hotel, Jakarta, 4 – 7 December 2006.
245. Kodoatie, Robert J., 2007. Pengintegrasian Rencana Tata Ruang Dengan Pengendalian Banjir di Kawasan Perkotaan, Khususnya di Daerah Pesisir (*Lowland Areas*). Disampaikan pada Acara *Workshop* Pembinaan Teknik Konstruksi Jumat Kerjasama Magister Teknik Pembangunan Wilayah dan Kota Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro dengan Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia, Dep. PU, 30 November "Strategi Pengelolaan Infrastruktur dan Tata Ruang sebagai Instrumen Pengendalian Banjir di Daerah Pesisir (Metropolitan)", tempat Hotel Serata Jln. Setia budi No. 108 Semarang.

246. Kodoatie, Robert J., 2007a. Pengelolaan Irigasi dalam UU No7 th 2004 tentang Sumberdaya Air dan PP No 20 th 2006 tentang Irigasi. Makalah disampaikan dalam "Pengkajian PERDA Nomor 8 Tahun 1990 tentang Irigasi" DPRD Provinsi Jawa Tengah Pada Hari Kamis Tanggal 3 Mei 2007 di Ruang Rapat Komisi D DPRD Provinsi Jawa Tengah Jl. Pahlawan No 7. Semarang.
247. Kodoatie, Robert J., 2008a. Konservasi Sumber Daya Air. Makalah Disampaikan dalam Perkuatan Kapasitas Sumber Daya Manusia dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Rabu 29-31 Oktober, Mataram, NTB, Penyelenggara Sub Direktorat Bendungan Direktorat Sungai, Danau Dan Waduk, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Departemen Pekerjaan Umum.
248. Kodoatie, Robert J., 2008b. Pengelolaan Bencana. Makalah disampaikan dalam Rapat Forum Satuan Kerja Perangkat Daerah Penanggulangan Bencana, Dalam Rangka Perencanaan Kegiatan Tahun 2009 Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, Kamis, 6 Maret, Tempat: Lantai VI Bappeda Prov Jateng.
249. Kodoatie, Robert J., 2008c. Harmoni Penataan Ruang, Pembangunan Infrastruktur dan Pengelolaan Bencana. Disampaikan dalam kuliah awal Program Doktor Teknik Sipil Pasca Sarjana Undip Tanggal 6 September 2008, Kampus DTS Jl. Hayam Wuruk No. 5-7 Semarang.
250. Kodoatie, Robert J., 2009a. Batuan di Daerah Batam. Survey Primer 30-31 Mei.
251. Kodoatie, Robert J., 2009b. Tanah di Daerah Palembang. Survey Primer 2-3 Juli.
252. Kodoatie, Robert J., 2009c. Survey Primer dan Dokumentasi CAT Provinsi Jambi dan WS Batanghari, 21-24 Mei.
253. Kodoatie, Robert J., 2009d. Strategi Pengelolaan Air Tanah Berbasis CAT. Makalah disampaikan dalam *Workshop* "Pendayagunaan Air Tanah Berbasis Cekungan Air Tanah" Sabtu, 27 Juni 2009,Gedung Prof. Soedarto, SH., Universitas Diponegoro,Tembalang, Semarang.
254. Kodoatie, Robert J., 2009e. Strategi (Pola) Pengelolaan Air Tanah Berbasis CAT. Disampaikan Dalam Pertemuan Konsultasi Masyarakat I Tentang "Rancangan Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Batanghari", Jambi, 6 Juli 2009.
255. Kodoatie, Robert J., 2009f. Survey Primer dan Dokumentasi di Daerah Sentani, Jayapura, 28-30 Juli.
256. Kodoatie, Robert J., 2009g. Survey Primer dan Dokumentasi Wilayah Sungai Berau-Kelay, April.
257. Kodoatie, Robert J., 2009h. Wilayah Sungai, Daerah Aliran Sungai Dan Cekungan Air Tanah. Pembahasan di Drektorat Sungai, Danau Dan Waduk, Dit Jen Sumber Daya Air, Dep. PU, 10 Agustus.
258. Kodoatie, Robert J., dan Hadimuljono Basuki, 2005. Kajian Undang-Undang Sumber Daya Air. Cetakan 3 Penerbit Andi, Yogyakarta.
259. Kodoatie, Robert J., dan Sjarief Roestam, 2005. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Penerbit Andi, Yogyakarta.
260. Kodoatie, Robert J., dan Sjarief Roestam, 2006. Pengelolaan Sumber Bencana Terpadu – Banjir, Longsor, Kekeringan dan Tsunami. Penerbit Yarsif Watampone (Anggota IKAPI) Jakarta.
261. Kodoatie, Robert J., dan Sjarief Roestam, 2007. Perspektif Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Di Indonesia. Disampaikan dalam "Lokakarya Kaji Ulang Arah Kebijakan Nasional Pengelolaan Sumber Daya Air" Direktorat Pengairan dan Irigasi Bappenas. Pada Hari Rabu Tanggal 04 April 2007.The Sultan Hotel (Hilton) Jl. Gatot Subroto Jakarta 10002.
262. Kodoatie, Robert J., dan Sjarief Roestam, 2008. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Edisi Revisi. Penerbit Andi, Yogyakarta.
263. Kodoatie, Robert J., November 1999. Sediment Transport Relations in Alluvial Channels. Ph.D. Dissertation, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.

264. Kompas 1 Januari 2005. Bangsa Yang Hidup Bersama Bahaya. Kolom Bencana Nasional Halaman 6.
265. Kompas 15 Januari 1999. Banjir Landa Jakarta, Jalanan Macet.
266. Kompas, 7 Maret 2001. Dalam Setahun Kerugian akibat Bencana Alam Rp 1,5 Trilyun.
267. Kompas, 14 Mei 2000, 13. Degradasi tak Terkendali Hutan Tropis Indonesia. Ulasan Buku karangan Abdul Fattah DS, Strategi Pengelolaan Hutan Indonesia Sebagai Amanah, Perum Perhutani, Jakarta, Mei 2000 (ix + 57 halaman).
268. Kompas, 14 Mei 2000. Pembabatan Hutan Makin Marak.
269. Kompas, 19 Februari 2001. Korban banjir bandang di Desa Palembangan, Kab. Serang, Provinsi Banten.
270. Kompas, 2009. Sepenggal Kisah Perubahan Iklim. Dalam Rubrik Humaniora, 20 Februari.
271. Kompas, 21 Juli 2004. Pembangunan Berkelanjutan atau Keberlanjutan Ekologi? Artikel Oleh Robert J Kodoatie.
272. Kompas, 24 November 2000, 13 Hutan Gundul Jateng 71.000 Hektar.
273. Kompas, 24 November 2000, 13. Penggundulan hutan Luas areal lahan kosong (terbuka) akibat penebangan hutan di Jateng tercatat mencapai 71.000 hektar.
274. Kompas, 29 Maret 2001. Pendidikan di Indonesia Terpuruk.
275. Kompas, 3 Februari 2009. Bencana Masih Akan Terjadi.
276. Kompas, 4 Desember 2003. Banjir Sungai Kampar Semakin Mengkhawatirkan.
277. Kompas, 5 Desember 2003. Banjir di Riau Semakin Meluas.
278. Kompas, 7 Desember 2003. Banjir di Kecamatan Kampar – Persediaan Pangan Penduduk Menipis.
279. Kompas, 9 Februari 2003. Pulau Jawa Sarat Bencana.
280. Kuiper, E., 1971. Water Resources Project Economics. Butterworths, London, England.
281. Kuiper, E., 1989. Engineering Economics. Three Weeks Intensive Course – Seminar for Professional Development Projects, Water Sector, Denpasar, Indonesia.
282. Kupper, J.A., 1990. Porous Media Hydraulics. Civil Eng. Dept., Faculty of Engineering, University of Alberta, Edmonton, Canada.
283. Lamb, S.H., 1945. Hydrodynamics. Dover Publications, New York
284. Lane, E. W., 1957. A Study of the Shape of Channels Formed by Natural Streams Flowing in Erodible Material. Missouri River Div. Sediments Series N0. 9, U.S. Army Engineer Div., Missouri River, Corps of Engineers, Omaha, Nebraska.
285. Lau, Y.L., and Krishnappan, B.G., 1985. Sediment Transport Under Ice Cover. J. Hyd. Eng., ASCE, Vol. 54, No. 1, p. 1-36.
286. Laursen, E. M., 1958. The Total Sediment Load of Streams. Journal of the Hyd. Division, ASCE, Vol. 84, No. HY1, Paper 1530, p. 1-36.
287. Le Groupe AHF International, 1994. Pedoman dan Kriteria Perencanaan dan Perencanaan Teknik untuk Sungai dan Pengendalian Banjir Direktorat Sungai, Ditjen Pengairan, Dep. PU.
288. Lee, Richard, 1980. Hidrologi Hutan. Penterjemah Sentot Subagio, Editor Soenardi Prawirohatmodjo. Cet 2, Penerbit Gadjah Mada University Press.
289. Lee, U.T. (ESCAP), 2002. Flood Control and Management. Mencetus gagasan *delta Q (ΔQ) zero poliy* dalam Seminar Banjir di Sapta Taruna Room Dep. PU.
290. Lindeburg, Michael R., 1999. Civil Engineering Reference Manual : for the PE Exam Seventh Edition. Profesional Publications, Inc.
291. Loebis, Joesron, 1984. Banjir Rencana Untuk Bangunan Air. Direktorat Penyelidikan masalah Air.

292. Louie, J., 2001. Plate Tectonics, the Cause of Earthquakes. Lecture Note, 11 May.
293. Lovern, F., dan J.F. Kennedy, 1969. Friction-Factors for Flat-Bed Flows in Sand Channels. J. of the Hydraulics Div., Asce, Vol. 95, No. HY4, Proceedings Paper 6678, July, pp. 1227-1234.
294. Lundqvist, Jan, Lohm, Ulrik, Falkenmark, Malin, 1985. Strategies for River Basin Management, Environmental Integration of Land and Water in a River Basin. D. Reidel Publishing Company: Holland.
295. LWMTL (Land and Water Management Tidal Low Land), 2005. Laporan Kemajuan Lapangan. Agenda 21 Global, 1992. Program Aksi Pembangunan Berkelanjutan Menjelang Abad 21. Dokumen komprehensif tebal 700 halaman Post UNCED Planning and Capacity Building Activities Project.
296. Maidment, David R., 1993. Handbook of Hydrology. Editor in Chief. McGraw-Hill, Inc.
297. Malam, John. 2005. Planet Bumi alih bahasa oleh Terry Mart. Jakarta: Erlangga.
298. Maltby, E., 1992. The Global Status of Peatland and Their Role in Carbon Cycling. Dalam: A Reportfor Friends of the Earth. Friends of the Earth Trust Limited: London.
299. Manan, Hilman, 2006. Makalah: Diversifikasi Tanaman Dalam Rangka Pendayagunaan Lahan Rawa Di Indonesia, disampaikan pada Seminar Nasional Peran dan Prospek Pengembangan Rawa Dalam Pembangunan Nasional, Departemen Pekerjaan Umum RI: Jakarta.
300. Mardiasmo, Dr. MBA, Ak., 2002. Ekonomi dan Manajemen Keuangan Daerah. Penerbit Andi, Yogyakarta.
301. Marijn dalam Google Earth. Salah satu koleksi foto Sahara. on the map, in Google Earth (KML).
302. Matthews, Rupert. 2005. Planet Bumi. Topik Paling Seru, alih bahasa oleh Damaring Tyas Wulandari. Jakarta: Erlangga.
303. Mays, Larry W., 1996. Water Resources Handbook. Editor in Chief. McGraw Hill.
304. Mays, Larry W., 2001. Storm Water Collection Systems Design Handbook. Editor in Chief. McGraw Hill.
305. McCalpin, J.P., 1996. Paleoseismology. Academic Press, San Diego, 583 pp.
306. McNally, Rand, 1992. World Atlas. Grolier Incorporated, Danbury, Connecticut, USA.
307. McPherson, Greg, Simpson, James R., Peper, Paula J., Maco, Scott E., and Xiao, Qingfu, 2005. Municipal Forest Benefits and Costs in Five US Cities. Journal of Forestry, December.
308. Meiviana, Sulistiowati, Soejachmoen, 2004. Bumi Makin Panas, Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia. Pelangi: Jakarta.
309. Menteri Kelautan & Perikanan RI (Freddy Numberi) , 2009. Masyarakat Dunia Harus Bergerak Cepat. Pengantar Buku "Menyiasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil" Oleh Subandono Diposaptono, Budiman dan Firdaus Agung. Penerbit Buku Ilmiah Populer, Bogor, Januari.
310. Misri, R.L., Garde, R.J. and Rangaraju, K.G., 1984. Bed Load Transport of Coarse Nonuniform Sediment. J. Hyd. Eng., Vol. 110, No. 3 p. 312-28.
311. Mitsch, W.J., dan Gosselink, J.G., 1993. Wetland. 2th Ed. Van Nostrand Reinhold: New York.
312. Mockett, I.D., & Simm, J.D., 2002. Risk level in coastal and river engineering – a guidance framework for design. Thomas Telford Publisher.
313. Molinas, A., and Yang, C.T. 1986. Computer Program User's Manual for GSTARS (General Stream Tube Model for Alluvial River Simulation. US. Depart. of Interior, USBR, Eng. Research Center, Denver, CO., p. 142.
314. Montgomery Watson, PT. Dacrea, PT Kogas Driyap, dan CV. Widha, 2002. Technical Assistance Services For Water Supply Master Plan and Improved Management of Water Supply through

Public-Private Partnership In Greater Semarang. Pre-Feasibility Study Final Report. Kerjasama dengan Bappeda Prov. Jateng, Januari.
315. Moormann, P.R., dan Breemen, N.V., 1978. Rice, Soil, Water and Land: IRRI, Philiphines. Hlm. 781-799.
316. Morgan, R.P.C. 1988. Soil Erosion and Conservation. Longman Group, Hong Kong.
317. Morris, Gregory L., dan Fan, Jiahua, 1998. Reservoir Sedimentation Handbook – Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use. McGraw-Hill Company.
318. Morris, Neil, 1999. Bencana Alam Gempa Bumi, alih bahasa oleh Setiadi Handoko. Elex Media Komputindo: Jakarta.
319. Morris, Neil. 2002. Angin Topan dan Tornado alih bahasa oleh Setiadi Handoko. Jakarta: Elex Media Komputindo.
320. Mulyanto, Atantya H., 1999. Model Sinergi di BUMN. Bisnis Indonesia.
321. National Geophysical Data Centre, 2005a. Tsunami Events Where All Records Returned. Maintained By: Paula.Dunbar@Noaa.Gov. NOAA Satellite and Information Service – Natural Hazards, Website Of The US Dept Of Commerce/ NOAA/NESDIS/NGDC, Last Update September 20.
322. Neuzel, S.G., 1997. Onset and Rate of Peat Carbon Accumulation in Four Domed Ombrogenous Peat Deposits, Indonesia. Dalam: IO. Rieley dan S.E. Page (Eds.). Proc. of the Int. Symp. on Biodiversity, Environmental Importance and Sustainability of Tropical Peat and Peatland UK. Hlm. 55-72.
323. New Webster Dictionary and Roget's Thesaurus, 1997. Ottenheimer Publisher Inc.
324. Nicholson, Sue, 2005. Cuaca. Intisari ilmu. Penerbitan pertama 2001 oleh Marshall Publishing. Alih Bahasa Anngia Prasestyoputri, Hak penterjemahan 2005. Penerbit Erelangga.
325. Noor, M., 1996. Padi Lahan Marjinal. Penebar Swadaya. Jakarta. 213 Hlm.
326. Noor, Muhammad, M.S., 2007. Rawa Lebak: Ekologi, Pemanfaatan dan Pengembangannya. PT. Raja Grafindo Persada: Jakarta.
327. Notodarmojo, Suprihanto, 2005. Tanah dan Air tanah. Penerbit ITB, Bandung.
328. Notohadiprawiro, T., 1979. Tanah Estuarin: Watak, Sifat, Kelakuan, dan Kesuburannya. Dep. Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Univ. Gadjah Mada: Yogyakarta.
329. Notohadiprawiro, Tejojuwono, 1984. Makalah: Kilas Balik Perjalanan Pengembangan Lahan Basah di Indonesia untuk Pertanian dan Permukiman, Disampaikan pada Diskusi Panel Kilas Balik Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) di Kalimantan oleh UGM th. 1968-1995: Yogyakarta.
330. Novak, P., Moffat, A.I.B., Nalluri, C., & Narayanan, R., 1990. Hydraulic Structures. Unwin Hyman Ltd., London.
331. Novotny, Vladmir, and Chesters, Gordon, 1981. Handbook of Nonpoint Pollution. Van Nostrand Reinhold, New York.
332. Nugroho, Iwan, & Dahuri, Rochmin. 2004. Pembangunan Wilayah, Perspektif Ekonomi, Sosial, dan Lingkungan. Pustaka LP3ES Indonesia: Jakarta.
333. Oliver, Clare, 2004. Samudra, alih bahasa oleh Rachma Apsari. Pakar Raya: Bandung.
334. Oliver, Clare. 2005. 100 Pengetahuan tentang Cuaca alih bahasa oleh Dian Kusumaningsih. Bandung: Pakar Raya.
335. Ouchi, S., 1983. Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. Geol. Soc. Am. Bull, 96, 504–15.

336. Palmer, W.C. (1965). Meteorological drought. Research Paper No. 45. U.S.Weather Bureau, Washington, DC.
337. Panja (Panitia Kerja) Komisi VIII DPR RI, 2005a. Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang RI Nomor... Tahun... Tentang Penanganan Bencana.
338. Panja Komisi VIII DPR RI, 2005. Draft Rancangan Undang – Undang (RUU) Tentang Penanggulangan Bencana.
339. Panja Komisi VIII DPR RI, 2005b. Draft Rancangan Undang – Undang (RUU) Tentang Penanggulangan Bencana.
340. Pantulu, V.R., 1985. Ecosystem Modelling of a River Basin. Paper in Strategies for River Basin Management (book) ed. by Lundqvist, Jan, Lohm, Ulrik, and Falkenmark, Malin. Published by D. Reidel Publishing Company.
341. Parker, Steve, 2007. Tata Surya – Just the Facts. Penerjemah Soni Astranto, S.Si. Erlangga for Kids, Penerbit Erlangga.
342. PDAM Kab/Kota Kabupaten-Kabupaten Semarang, Demak, Grobogan, Kendal dan Kota Semarang, 1995-1999.
343. Pearce, Fred. 2003. Pemanasan Global alih bahasa oleh Wibowo Mangunwardoyo. Erlangga: Jakarta.
344. Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering Di Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum. Penerbit PT Mediatama Saptakarya.
345. Pemerintah Propinsi Jateng, 2005. Pengelolaan Bencana Jateng – Banjir, Longsor, Kekeringan Dan Tsunami. Tim Penyusun Perumusan Kebijakan Penanggulangan Bencana Alam Secara Terpadu Propinsi Jateng (SK Sek.Da. Prop. Jateng No 520/5033, 16 April 2004).
346. Peoples David A., 2002. Presentasi Plus. Terjemahan oleh Setyawan E.P., Ed. oleh Drs. Muh. Sholeh, Penerbit Delapratasa, Jakarta.
347. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor:39/PRT/1989 Tentang Pembagian Wilayah Sungai.
348. Peraturan Menteri PU Nomor: 11 A/PRT/M/2006 Tentang Kriteria Dan Penetapan Wilayah Sungai.
349. Perpamsi, Research Triangle Institute, Ditjen PUOD Depdagri, dan USAID, 1999. Pelatihan Manajemen Strategis Untuk PDAM. Clean Urban Project Volume I dan Volume II, 9 – 14 Agustus.
350. Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah, 2000. Data Volume Pencurian Pohon di KPH Pati.
351. Petersen, Margaret S., 1986. River Engineering. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 07632.
352. PIPWS Jratunseluna, 2001. Profil Sumber Daya Air Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai (PIPWS) Jratunseluna.
353. Post, J.C. and Lundinm C.G. 1996. Guidelines for Integrated Coastal Zone Management. World Bank report.
354. PP No 25 Tahun 2000 Tentang Kewenangan Pemerintah dan Kewenangan Provinsi Sebagai Daerah Otonom, 6 Mei, Jakarta.
355. PP No 26 Tahun 2008 Tentang RTRWN.
356. PP No. 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum
357. PP No. 38 Tahun 2007 Tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Antara Pemerintah, Pemerintahan Daerah Provinsi dan Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota.
358. PP RI No 26 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN).
359. PP RI No 42 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sumber Daya Air.
360. PP RI No 43 Tahun 2008 Tentang Air Tanah.
361. PP RI No. 20 Tahun 2006 Tentang Irigasi.

362. PPSAE (Pusat Penelitian Sumberdaya Alam dan Energi Lembaga Penelitian) Universitas Diponegoro, 2004. Penelitian dan Pengembangan Pola Kerjasama antar Kabupaten/Kota dalam Pemanfaatan Sumberdaya Air Bersih di Jawa Tengah. Kerjasama antara Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Provinsi JawaTengah.
363. Program Magister Teknik Sipil Undip, 2003. Laporan Akhir "Studi dan Kajian Penyusunan Antisipasi Banjir Jawa Tengah". Kerjasama antara Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi (Dinas PSDA) Jawa Tengah dan Program Magister Teknik Sipil Undip.
364. Proyek Pengendalian Banjir Dan Pengamanan Pantai Riau, Dinas Pemukiman Dan Prasarana Wilayah Provinsi Riau, 2004. Model Test Bangunan Pengamanan Tebing Sungai Rokan Kiri Di Ujung Batu Kabupaten Rokan Hulu Dan Review Master Plan Pengendalian Banjir Kota Pekanbaru Provinsi Riau.
365. Purba, Sirman Dr., Peneliti pada Pusat Penelitian Tanaman Pangan, Bogor, 2000. Awas El Nino Datang Mengancam. Kompas Minggu 31 Desember.
366. Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi, Dep. ESDM, 2009. Peta CAT Indonesia. Lampiran KepPres Tentang Penetapan CAT Indonesia, Juni
367. Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi, Dep. ESDM, 2007. Peta Geologi Indonesia – Formasi, Patahan dan Bahaya Geologi.
368. Pusat Penelitian Sumberdaya Alam dan Energi Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro, 2003. Studi Pembentukan Badan Pengelola Wilayah Sungai Serayu – Bogowonto. Laporan Akhir.
369. Qiwei, Han, Mingmin, He, and Yucheng, Wang, 1989. A Discussion on Distinction Between Wash Load and Bed Material Load. Proc. of the Fourth Int. Symposium on River Sedimentation Vol. I and II. Int. Res. And Training Center on Erosion and Sed. China Ocean Press.
370. Rajaratnam, N., 1989. Engineering Fluid Mechanics. Civil Eng. Dept. Faculty of Engineering, University of Alberta, Edmonton, Canada.
371. RaKePres No...Tahun...Tentang Cekungan Air Tanah (Versi 17 September 2007).
372. Rancangan Peraturan Pemerintah (RPP) Tentang Sungai.
373. Randolph, John, 2004. Environmental Land Use Planning and Management. Island Press:Washington.
374. Randolph, John, 2004. Environmental Land Use Planning and Management. Island Press, Washinton, Covelo, London.
375. RaPerPres No.... Tahun 2007 Tentang Cekungan Aoir Tanah. Versi 17 September 2007.
376. Raudkivi, Arved J., 1979. Hydrology–An Advanced Introduction to Hydrological Processes and Modelling, Pergamon Press.
377. Research Triangle Institute, 1996, Sustainable Cities. Seminar Proceedings, North Caroline USA.
378. Reuters, 2007. Drought hits Indonesia. http://www.chinadaily.com.cn/ photo/2007-08/31/ content_6072359.htm.
379. Richardson, E.V, Simons, D.B.,. and Julien, P.Y., 1990. Highways in the River Environment. USDOT Federal Highway Administration.
380. Rickard, Graham, 2001. Energi Air. Dian Artha: Semarang.
381. Riley, Peter. 2005. 100 Pengetahuan tentang Planet Bumi. Cetakan ke 3. Alih bahasa oleh Evi Janu Kusumawati. Penerbit Pakar Raya, Bandung.
382. RPP Tentang Bendungan.
383. RPP Tentang Rawa, 2007. Status 13 Agustus.
384. Rukaesih, Achmad, 2004. Kimia Lingkungan. Andi: Yogyakarta.

385. Rukmana D. W. N., Steinberg F., dan Van Der Hoff R., 1993. Manajemen Pembangunan Prasarana Perkotaan, Penerbit P.T. Pustaka LP3ES Indonesia, Jakarta.
386. Salim, Emil, Prof. Dr., 2007. Dari Eksploitasi ke Konservasi Alam. Kata Pengantar dalam Buku "Biologi Konservasi" oleh Moch. Indrawan, Richard B. Primack dan Jatna Supriatna. Penerbit Yayasan Obor Indonesia, Edisi Revisi.
387. Salim, Peter, Drs. MA., 1997. The Contemporary Indonesian – English Dictionary. 1st Ed. , October, Penerbit Modern English Press, Jakarta.
388. Santoso, N., 2000. Pola Pengawasan Ekosistem Mangrove. Makalah disampaikan pada Lokakarya Nasional Pengembangan Sistem Pengawasan Ekosistem Laut Tahun 2000: Jakarta, Indonesia.
389. Satker BWS (Satuan Kerja Balai Wilayah Sungai) Sumatra VI, 2008. Peta Wilayah Sungai Batanghari.
390. Satker BWS Kalimantan III KalTim DitJen Sumber Daya Air, Dep PU, 2007. Rancangan Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Sesayap. Laporan Akhir.
391. Satuan Kerja Pembinaan Pelaksanaan Teknis Rawa Dan Pantai, Dit. Rawa Dan Pantai, Ditjen Sumber Daya Air, Departemen PU, 2007.Survey, Investigasi dan Desain Pengamanan Pantai Tanjung Aru Pulau Sebatik Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Timur. Laporan Akhir.
392. Schoeller, H., 1962. Geochemie des Eaux Souterraines. Revue de L'Ínstitute Francais du Petrole.
393. Schumm, Stanley A. (Editor), 1972. River Morphology. Benchmark Papers in Geology, Doeden, Hutchinson & Ross Inc.
394. Schumm, Stanley A., 2005. River Variability and Complexity. Cambridge University Press.
395. Schumm, Stanley A., Dumont, Jean F., Holbrook, John M., 2000. Active Tectonics and Alluvial Rivers. Cambridge University Press: United Kingdom.
396. Schwab, G. O., Frevert, R. K., Edminster, T. W., Barnes, K. K., 1981. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley and Son, Inc. N. Y., 525p.
397. Seitz, H.R., 1976. Suspended and Bed Load Sediment Transport in the Snake and Clearwater Rivers in the Vicinity of Lewiston, Idaho, File Report 76-886, USGS, Boise, Idaho, p. 77.
398. Shen, H.W., & Cheong, Hin Fatt., 1979. Closure of Statistical Properties of Sediment Bed Profiles. J. Hyd. Eng., Vol. 105, No. 8 p. 1037-1039.
399. Shen, H.W., 1971. Total Sediment Load. Chapter 13 of River Mechanics Vol. I and II edited by Shen H.W., Colorado State University.
400. Shen, H.W., and Hung, C.S., 1983. Remodified Einstein Procedure for Sediment Load. J. Hyd. Eng., Vol. 109, No. 4 p. 565-578.
401. Shen, H.W., and Hung, C.S., 1984. Closure of Remodified Einstein Procedure for Sediment Load. J. Hyd. Eng., Vol. 110, No. 4 p. 559.
402. Shen, Xianchen, 1997. Effect of Suspended Sediment on the Transport and Transformation 4-Nitrochlorobenzene in the Yellow River. International of Journal of Sediment Research Vol. 12, No. 1, p. 42-51.
403. Shen,H.W., 1962. Development of Bed Roughness in Alluvial Channels. J. of the Hydraulics Div., ASCE, Vol. 88, no. HY3.
404. Shibasaki, T. And Research Group For Water Balance, 1995. Environmental Management Of Groundwater Basins. Tokai University Press, 2-28-4 Tomigaya, Shibuya-Ku, Tokyo 151 Japan.
405. Shields, A., 1936. Anwendung der Aenlichkeitsmechanik und der Turbulenzfor-schung auf die Geschiebebewegung. Mitteilungen der Preussischen Versuchsan-stalt fur Wasserbau and Schiffbau,

No. 26, Berlin, Germany. Translated into English by Otto, W.P., and Uchelen, van J.C., Calif. Institute of Technology, Pasadena, California.

406. Sieh, Kerry, 2005. TSUNAMI The Next Big Wave:The Grandaddy of Them All. April 5th, http://www. marketingdefined.com/blog/2005/ 02/tsunami-next-big-wave-will-happen-says.html.
407. Simanjutak, Robert A., 2000. Implikasi Fiskal Pelaksanaan UU Otonomi Daerah. Majalah " Manajemen USAHAWAN Indonesia, April.
408. Simons D.B., and Richardson, A.V., 1966. Resistance to Flow in Alluvial Channels: USGS, Prof Paper 422-J, 61p.
409. Simons, D. B., 1999. Personal Communication. Simons & Associates, Fort Collins, Colorado.
410. Simons, D.B., and Li, R.M., 1982. Engineering Analysis of Fluvial System. Simons, Li and Assoc., Fort Collins, CO.
411. Simons, D.B., and Senturk, Fuad, 1992. Sediment Transport Technology – Water and Sediment Dynamics. Revised Edition by Water Resources Publications, Littleton, CO.
412. Simons, D.B., Li, R.M., and Fullerton,W., 1981. Theoretically Derived Sediment Transport s for Prima County, Arizona. Prepared for Prima County DOT and Flood Control District, Tuscon, Ariz. Simons, Li and Assoc., Fort Collins, CO.
413. Simons, D.B., Richardson, A.V., and Nordin, C.F. Jr., 1965. Sedimentary Structures Generated by Flow in Alluvial Channels. River Morphology. Benchmark Papers in Geology, Ed. By Stanley A. Schumm. Doeden, Hutchinson & Ross Inc.
414. Simons, D.B., Richardson, A.V., Albertson, M.L., and Kodoatie, Robert J., 2004. Geomorphic, Hydrologic, Hydraulic And Sediment Transport Concepts Applied To Alluvial Rivers. Open File Internet (Free download) Publisher Colorado State University, USA.
415. Sjarief, Roestam & Verhaeghe, Robert, 1998. Multi-sector planning for water resources development. Paper presented at ICID congress 1998, Bali, Indonesia.
416. Sjarief, Roestam, 2006. Dukungan Teknologi Untuk Pengembangan Lahan Rawa. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
417. SK. Gubernur Jateng No 15 Tahun 2000. Pokok-Pokok Acuan Penyusunan Program Kerja Provinsi Jawa Tengah Tahun 2001.
418. Skipp, B.O., 1994. Keynote Paper: Setting the Scene. Groundwater Problems in Urban Areas. Proceedings of the International Conference Organised by Institution of Civil Engineers, London 2 – 3 June 1993. Publisher Thomas Telford, London
419. SMEC International PTY Ltd. In ass. With PT. Tri Tunggal Konsultan, PT Multimera Harapan dan PT. Geomas Matra Perdana, 1998. Semarang Flood control Project-Consolidated Preparation Study. IBRD Loan No 3913-Ind, Final report.
420. Smith, D.D., dan Wischemeir, W.H., 1957. Factors Affecting Sheet and Riil Erosion. Trans. Amer. Geophy. Union Vol. 38, pp. 889-896
421. Sobirin, Supardiyono, 1987. Geologi Teknik Dataran Rendah Pantai. Bandung.
422. Soehoed, Abdoel Raoef, 2002. Banjir Ibukota – Tinjauan Historis dan Pandangan ke Depan. Penerbit Djambatan, Jakarta.
423. Soekanto, Soerjono, 2002. Sosiologi Suatu Pengantar. Edisi Baru Ke 4, Cetakan ke 34, Penerbit PT. RajaGrafindo Persada, Jakarta.
424. Soekardi, 1982. Aspek Geologi Terhadap Perkembangan Pantai dan Tata Air Tanah Daerah Jakarta. Skripsi Sarjana Jurusan Geologi, Fakultas Ilmu Pasti dan Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Bandung.

425. Solomon, S.I., & Cordery, I., 1984. Hydrometeorology. Vol. II, Part 5, Compedium of Meteorology, WMO Tech. Publi., 364, Geneva.
426. Sosrodarsono, Suyono Dr.Ir. dan Tominaga, Masateru Dr., Editor, 1985. Perbaikan dan Pengaturan Sungai. Penerjemah Ir Yusuf Gayo dkk.. Penerbit PT Pradnya Paramita Jakarta.
427. Spurgeon, Richard, 2004. Ekologi, alih bahasa oleh Ervina Yudha Kusuma. Pakar Raya: Bandung.
428. Steele, Philip, 1999. Natural Disaster: Volcanoes. 1st published in Great Britain by *tictock* Publishing. Terjemahan dalam Bahasa Indonesia: Bencana Alam Gunung Berapi oleh Setiadi Handoko, 2002. Penerbit PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
429. Steele, Philip, 2002. Gunung Berapi, alih bahasa oleh Setiadi Handoko. Elex Media Komputindo: Jakarta.
430. Stone, Donald C., 1974. Professional Education in Public Works/ Environmental Engineering and Administration, American Public Works Association, Chicago.
431. Suara Merdeka .23 November 1998, 21 Juni 2000, 12 November 1999, 17 Juni, 1999, 19 Juni 1999, 23, 26 April 1999. 5 Nov 1998, 10 Februari 1999 dan 6 Maret 1999, 25 Februari 1999, 10 Juni 1999, 17 Oktober 1996, 18 Juli 2000, 18 Juni 1994, 23 Mei 2000, 25 Januari 1999, 27 April 1999, 30 Juli 1994, 31 Januari, 1999, 8 Oktober 1998, 1 dan 10 Februari 1999.
432. Suara Merdeka, 5 Desember 2003. Banjir Semakin Luas di Riau.
433. Suara Pembaharuan 28 November 1999.
434. Subagyo, A., 2006. Lahan Rawa Lebak. Dalam Didi Ardi S et al. (eds.). Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian: Bogor.
435. Subagyo, H., 1997. Potensi Pengembangan dan Tata Ruang Lahan Rawa untuk Pertanian. Dalam: Prosiding Simp. Nasional dan Kongres VI Persatuan Agronomi Indonesia. Jakarta, 25-27 Januari 1996. PERAGI. Jakarta. Hlm. 17-56.
436. Subarkah, Iman. 1980. Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air. Penerbit Idea Dharma, Bandung.
437. Sub-Dinas Sungai-Rawa-Pantai-Danau (Surapada), Dinas Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pemerintah Provinsi Riau, 2004. Peta Kawasan Rawan banjir Provinsi Riau. Skala 1:50.000, Edisi 2-2004, Cartography Dan Digitasi oleh PT. Hasta Gita.
438. Sub-Dinas Sungai-Rawa-Pantai-Danau (Surapada), Dinas Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pemerintah Provinsi Riau, 2003. Laporan Dan Dokumentasi Daerah Banjir Wilayah Pekanbaru Akibat Meluapnya Sungai Siak. Akhir Tahun Oleh Tim Surapada.
439. Subroto, 2003. Perencanaan Pengembangan Wilayah. Fajar Gemilang: Samarinda.
440. Sudana, Wayan, 2005. Potensi dan Prospek Lahan Rawa Sebagai Sumber Produksi Pertanian. Balai Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian: Bogor.
441. Sugiharto, 1987. Dasar - Dasar Pengolahan Air Limbah. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).
442. Sugiyanto, Ir., MT., 2005. Komunikasi Personal Tentang O & P Saluran – Studi Kasus O & P Saluran Klambu Kudu panjang + 41 km. Jabatan Kepala Unit Klambu Kudu Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air. Prop Jawa Tengah.
443. Suharyanto, 1993. Analisa Jaringan Pipa dengan Waterworks. Disampaikan dalam ceramah ilmiah Teknik Sipil Hidro, Jurusan Teknik Sipil, FT. Undip, 27 Februari.
444. Suripin, 2002. Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Andi: Yogyakarta.
445. Tarigan, Robinson. 2004. Perencanaan Pembangunan Wilayah. Bumi Aksara: Jakarta.

446. Taylor, Barbara, 2005. Batuan, Mineral dan Fosil. Marshall Mini – Rocks, Mineral and Fossils. A Marshall Edition Conceived, edited, and designed by Marshall Edition Ltd. Of The old Brewery. 6 Blundell Street London N79 BH, England, 2001. Alih Bahasa oleh Dr. Terry Mart dan Editor Broto Raharjo, S.Si dan Margaretha H. Eddy, MBA.
447. Technical Advisory Committee (TAC), Global Water Partnership (GWP), 2001. Integrated Water Resoures Management. Toolbox, Stockholm, Sweden.
448. Terzhagi, K., Peck, R.B., and Mesri, G., 1969. Soil Mechanics in Engineering Practice 3rd Edition, New York: John Wiley.
449. The Flood Control Controversy, 1976. The Ronald Press company New York.
450. Thompson, Graham R., and Turk, Jonathan, 1993. Earth Science and The Environment. Saunders College Publishing: United States of America.
451. Todd, D.K. 1980. Groundwater Hydrology. 2nd, John Wiley, New York.
452. Todd, David K. and Mays, Larry W., 2005. Groundwater Hydrology, third edition. John Wiley & Sons, Inc.
453. Todd, David Keith, 1959. Groundwater Hydrology. 1st ed., New York, John Wiley and Sons.
454. Todd, K., 1974. Groundwater Hydology. John Wiley & Sons, Inc.
455. Toffaleti, F.B., 1969. Definitive Computations of Sand Discharge in Rivers. J. Hyd. Division., Vol. 95, No. HY1 p. 225-248.
456. Torri, D., 1996. Slope, aspect and surface storage: in Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation. Menachem Agassi, (ed). Marchel Dekker, Inc. New York. pp. 77-107.
457. Toth, J., 1963. A Theoretical Analysis of G:oundwater Flow in Small Drainage Basins. Journal Geophys. Res.,68, pp. 4795-4812.
458. Toth, J., 1990. Introduction to Hydrogeology. Geology Department, Faculty of Science, University of Alberta, Edmonton, Canada.
459. Triatmodjo, Bambang, 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta.
460. Tsakiris G., Loukas A., Pangalou D., Vangelis H., Tigkas D., Rossi G., and Cancelliere A., 2007. Drought characterization. Chapter 7 of the Technical Annexes of the MEDROPLAN Drought Management Guidelines. Editors: A. Iglesias, A. Cancelliere, D. Gabiña, A. López-Francos, M. Moneo, G. Rossi.
461. U.S Department of The Interior, 1979. Groundwater Manual. United State Printing Office, Denver.
462. Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, Asli dan Hasil Amandemen.
463. UNESCO, 1978. USSR National Committee fo the International Hydrological Decade, World Water Balance and Water Resources of the Earth, English Translation, Studies and Reports in Hydrology, 25.
464. Unesco, 1995. Fighting Floods in Neighborhoods. Project "Training Material for Disaster Reduction", Delft Netherlands.
465. United States Department of State, 2008. "Indonesia". The World Factbook. (2008-11-20). Retrieved on 5 December 2008 and last updated on 18 December 2008.
466. Urbanos, B.R., Guo C.Y., Tucker, L.S., , 1990. Sizing Capture Volume for Stormwater Quality Enhancement. Flood Hazard News, Urban Drainage and Flood Control Dostrict, Denver, CO.
467. USBR, 1974. Design of Small Dams. US Department of the Interior, Washington D.C.
468. UU No 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran.
469. UU No 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah.
470. UU No 25 Tahun 1999 tentang Perimbangan Keuangan Antara Pemerintah Pusat Dan Daerah.

471. UU No 31 Tahun 2004 Tentang Perikanan.
472. UU No 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah.
473. UU No 33 Tahun 2004 tentang Perimbangan Keuangan Antara Pemerintah Pusat Dan Daerah.
474. UU No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah.
475. UU No. 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.
476. UU No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.
477. UU No. 25 Tahun 2004 Tentang Sistem Perencanaan Pembangunan Nasional.
478. UU No. 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang.
479. UU No. 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir & Pulau2 Kecil.
480. UU No. 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan.
481. UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi SDAlam Hayati dan Ekosistemnya.
482. UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air.
483. UU No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
484. Verhoef, P. N. W., 1994. Geologi untuk Teknik Sipil. Penerbit Erlangga.
485. Viessman, Warren Jr., and Lewis, Gary L., 2003. Introduction to Hydrology. 5th edition, Prentice Hall.
486. Wallace, R.E., 1985. Active Tectonics – impact on society, overview and recommendation. National Academy of Science. Washington, D.C.
487. Warsono, 2000. Municipal Bond Sebagai Sumber Dana Alternatif Bagi Pemerintah Daerah. Manajemen Usahawan Indonesia, No. 04/Th. XXIX, April 2000.
488. Water Quality 2000. 1992. A National Water Agenda for the 21st Century, Alexandria, VA, November 1992.
489. Watt, F., dan Wilson. F. 2004. Cuaca dan Iklim. Alih bahasa oleh Endang Naskah Alimah. Penerbit Pakar Raya, Bandung.
490. Watt, Fiona, 2004. Pemahaman Geografi Gempa Bumi dan Gunung Berapi. Alih bahasa oleh Evi Janu Kusuma Wati. Pakar Raya: Bandung.
491. Webster's New World Dictionary, 1983. David B. Guralnik, Editor in Chief Student Edition, Published By Prentice-Hall Inc Collins Cobuild, 1988. English Language Dictionary. Collins London and Glasgow.
492. Wesley, D., 1973. Mekanika Tanah. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
493. Wieczorek, G.F., Larsen, M.C., Eaton, L.S., Morgan, B.A. and Blair, J. L. (Geologic Hazards Team), 2002. Debris-flow and flooding hazards associated with the December 1999 storm in coastal Venezuela and strategies for mitigation. U.S. Geological Survey.
494. Wikipedia, 2009. Pacific Ring of Fire. the free encyclopedia.
495. Wilayah Sungai dan Balai Wilayah Sungai, Nomor : HK. 01.17 / AF. 3/137 / VII /2008, Jakarta, 7 Juli.
496. Wilcock, P.R., 1997. The Components of Fractional Transport Rate. Water Res. Research., Vol. 33, No. 1, p. 247-258.
497. Wilson, E.M., 1978. Engineering Hydrology. 2nd Ed., English Language Book Society and Macmillan.
498. Wischmeier. W.H., 1972. Upslope Erosion Analysis. In Environment Impact on Rivers. ed. H.W. Shen. Littleton . Colo.: Water Res.Pub., Chapter 15.
499. Wischmeier, W.H., and Smith, D.D., 1960. Current concepts and developments in rainfall erosion research in the US. Trnas. 5th Internat. Cong. Of Agric. Eng., Brussels, Belgium. pp. 458-468.

500. Wischmeier, W.H., dan Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. USDA Agr. Handbook 537, Washington DC., US. Department of Agriculture.
501. WJPES Consiltant, 2004. Peta Kepekaan Tanah Terhadap Erosi Prov Jawa Barat. West Java Prov. Environmental Strategy Data.
502. Wohl, 1998. Fluvial Geomorphology. Lecture Note at Colorado State University, Fort Collins, USA.
503. Woo, H.S., Julien, P.Y., and Richardson, E.V. 1986. Washload and Fine Sediment Load. J. Hyd. Eng., Vol. 112, No. 6 p. 541-545.
504. World Coal Institute and United Nations Environment Programme, 2002. Coal. Industry as a partner for sustainable development. First published in the United Kingdom in 2002, ISBN: 92-807-2180-1.
505. Wu, Baosheng and Molinas, A., 1996. Modeling of Alluvial River Sediment Transport. Proc. of the Int. Conference on Reservoir Sedimentation, Vol. I. Ed. by Albertson, M.L., Molinas, A., and Hotchkiss., Colorado State University, Fort Collins, CO, USA., p. 281–325.
506. Wu, Baosheng, 1999. Fractional Transport of Bed-Material Load in Sand-bed Channels. Ph.D. Dissertation. Depart. of Civil Eng., Colorado State University.
507. www.kimpraswil.go.id., 2003. Depkimpraswil Tawarkan Tiga Program Atasi Banjir. Berita Tanggal 18 Desember (Pusdatin 180122003).
508. www.ri.go.id. Portal Nasional Republik Indonesia. http://www.indonesia. go.id.
509. Yang, C. T., 1973. Incipient Motion and Sediment Transport. J. Hyd. Division., Vol. 99, No. HY10 p. 1679-1704.
510. Yuwono, Nur, Prof. Dr. (UGM) dan Kodoatie, Robert J. (Undip), 2004. Pedoman Pengembangan Reklamasi Pantai Dan Perencanaan Bangunan Pengamanannya. Direktorat Bina Teknik, Ditjen Sumber Daya Air Dep Kimpraswil (7 Buku Jumlah halaman 374), Desember.
511. Yuwono, Nur, Prof. Dr. (UGM), 1998. Pengukuran dan analisis gelombang, Buku Ajar untuk S1 dan S2, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik, UGM, September 1998.
512. Yuwono, Nur, Prof. Dr. (UGM), 1999. Batas teritorial, Kewenangan dan pengelolaan kawasan pesisir dan laut, dalam otonomi daerah. Seminar Nasional, Dies Keluarga Mahasiswa Teknik Geodesi (KMTG) Fakultas Teknik UGM, 2 Desember.
513. Yuwono, Nur, Prof. Dr. (UGM), 2006. Bencana Tsunami. Personal Komunikasi, Juni.
514. Zon, R., 1927. Forest and Water in the Light of Scientific Investigation. Goverment Printing Office, Washington, D.C.
515. Zondag, Barry and Grashoff, Poul, 2008. Integrated Planning For Space And Water: Java Spatial Model (JSM) Methodology. Direktorat Jenderal Penataan Ruang, Dep PU dan NWP Holland.

Sekilas Tentang Penulis

Robert J. Kodoatie (Universitas Diponegoro)

Penulis adalah pengajar di Universitas Diponegoro

- o Menempuh pendidikan S1 di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang 1978–1983.
- o Mengikuti pendidikan S2 bidang Pengembangan Sumber Daya Air di University of Alberta, Edmonton, Canada September 1989 – April 1991.
- o Menempuh pendidikan S3 bidang hidrolika dan sedimentasi di Colorado State University, Fort Collins, USA Maret 1997 – November 1999.

Mengajar mata kuliah Aliran Air Tanah, Ekonomi Rekayasa, Hidrolika, Transportasi Sedimen dan Sistem dan Manajemen Infrastruktur, di Jurusan Teknik Sipil, Magister Teknik Sipil, Magister Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota, Magister Teknik Arsitektur, Doktor Teknik Sipil dan Doktor Arsitektur Dan Perkotaan Fakultas Teknik dan Program Pasca-Sarjana Universitas Diponegoro.

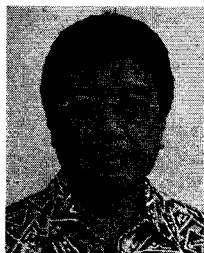
Penulis juga aktip pada riset rekayasa dan pengelolaan infrastruktur dan manajemen sumber daya air. Pembicara dalam berbagai seminar regional dan nasional. Penulis artikel dan komentator di Harian Suara Merdeka, Kompas, Jawa Pos, Wawasan, dan Semarang Pos.

Buku yang telah ditulis antara lain:

1. Analisis Ekonomi Teknik (208 Halaman, Cetakan I Tahun 1995 Sampai Cetakan x Tahun 2008), Penerbit Andi Yogyakarta.
2. Ekonomi Rekayasa (Buku Ajar) xi + 121= 132 Halaman, Tahun 2004.
3. Banjir–Beberapa Penyebab Dan Metode Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan (362 Halaman Cetakan 1 Tahun 2002), Penerbit Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
4. Pengantar Hidrogeologi (xiv + 268 = 284 Halaman), Penerbit Andi Yogyakarta, Cet. Ke 1 Tahun 1996.
5. Dunia Sumber Daya Air Dalam Berita (x + 305 = 315 halaman, Cet. 1, 2003) untuk kalangan sendiri.
6. Pengelolaan Sumber Daya Air Dalam Otonomi Daerah (292 + Xii = 304 Halaman, Cetakan 1 Tahun 2002, Cetakan 2, 2004, Cetakan 3 Tahun 2005), Penerbit Andi Yogyakarta.
7. Hidrolika Terapan–Aliran Pada Saluran Terbuka & Pipa (xii + 342 = 354 halaman), Cetakan 1 & 2, 2002 & Cet. 3, 2004, Cet. 4 Edisi Revisi 2009), Penerbit Andi Yogyakarta.
8. Pengantar Manajemen Infrastruktur (xviii + 452= 470 Halaman), Cetakan 1 Mei 2005, Penerbit Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
9. Manajemen & Rekayasa Infrastruktur (xxvi + 528 = 554 halaman), Cetakan 1 Tahun 2003), Penerbit Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
10. Geomorphic, Hydrologic, Hydraulic & Sediment Transport Concepts Applied To Alluvial Rivers (iv + 103 = 107 pages) Open File Internet (Free download) Publisher Colorado State University, USA.
11. Prediction Of Sediment Transport Rate In Irrigation Canals Using Modified Laursen Methodology, Paper Presented in International Committee on Irrigation and Drainage (ICID) June 2000.
12. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu (xvi + 360= 376 Halaman , Cetakan 1 Tahun 2005 Dan Cetakan 2 (Revised Edition) Tahun 2008.

13. Kajian UU Sumber Daya Air (xvi + 240 = 256 halaman), Cetakan 1 Tahun 2004, Cetakan 2 Tahun 2005, Cetakan 3 Tahun 2006, Penerbit Andi Yogyakarta.
14. Pengelolaan Bencana Terpadu: Banjir-Longsor-Kekeringan Dan Tsunami. (xxiii + 306 = 329 halaman) Cetakan 1 Juli 2006, Penerbit Yarsif Watampone, Jakarta.
15. Pengelolaan Bencana Jateng – Banjir, Longsor, Kekeringan Dan Tsunami Provinsi Jateng, 2005, xvi + 136 = 152 halaman, bersama Tim Penyusun Perumusan Kebijakan Penanggulangan Bencana Alam Secara Terpadu Provinsi Jateng (SK. Sek.Da. Prop. Jateng No 520/5033, 16 April 2004).
16. Pedoman Pengembangan Reklamasi Pantai Dan Perencanaan Bangunan Pengamanannya (Buku 1 s/d Buku 7, 374 halaman, 2004) bersama Prof. Dr. Ir. Nur Yuwono, (UGM) dan Tim Penyusun Direktorat Bina Teknik, Ditjen Sumber Daya Air, Dep Kimpraswil.
17. Manajemen Air Tanah Berbasis Konservasi. 284 halaman, Buku. Kerjasama Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral dengan Universitas Diponegoro, Juni 2008.
18. Manajemen Air Tanah Berbasis Cekungan Air Tanah. 371 halaman, Buku. Kerjasama Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral dengan Universitas Diponegoro, Juni 2008.
19. Pengelolaan Pantai Terpadu. xi + 257 = 268 halaman, Bersama Prof. Dr. Ir. Nuryuwono, (UGM), Ir. Ramli Djohan, MM., Ir. Asman Sembiring, Dipl. HE, Ir. Andi Sudiman, MT (Dit. Rawa & Pantai, Ditjen Sumber Daya Air, Dep. Pekerjaan Umum).
20. Pengelolaan Rawa, xii + 223 = 235 halaman bersama Ir. Ramli Djohan, MM., Ir. Edy Wahyono, M.Eng., Ir. Prabowo Pratiknyo, ME., Ir. Michael Sardjono (Dit. Rawa & Pantai, Ditjen Sumber Daya Air, Dep. Pekerjaan Umum), Draft buku.
21. Pengelolaan Rawa Di Indonesia. Bersama dengan Tim Penyusun Dit. Rawa & Pantai, Ditjen Sumber Daya Air, Dep. Pekerjaan Umum.
22. Pedoman Penilaian Kerusakan Pantai Dan Prioritas Penanganannya. Bersama Prof. Dr. Ir. Nur Yuwono, (UGM) dan Tim Penyusun Dit Rawa & Pantai, Ditjen Sumber Daya Air, Dep. Pekerjaan Umum.
23. Ekonomi Infrastruktur Perkotaan. Draft Buku

Sampai saat ini kurang lebih 200 buah makalah baik manajemen dan maupun rekayasa dalam bidang sumber daya air, persungaian, erosi dan sedimentasi dan infrastruktur yang dipublikasikan dalam berbagai jurnal, harian, majalah teknik, dan dipresentasikan dalam seminar-seminar regional dan nasional.

Roestam Sjarief (Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah)

- Menyelesaikan pendidikan tinggi Ir. Planologi ITB (1973)
- *Master of Natural Resources Management* (MNRM) di Univerity of Manitoba, Canada (1979)
- Ph.D. *Civil Engineering* dengan spesialisasi *Water Resources Planning dan Management* di Colorado State University, Fort Collins USA (1994).

Penulis adalah seorang pejabat karir di Departemen Pekerjaan Umum dan seorang profesional di bidang sumberdaya air.

Semenjak mulai bekerja pada Tahun 1974 di Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum hingga menjadi Direktur Jenderal Sumber Daya Air Dep. Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil) Juni 2002-Nopember 2003, telah mendapat kesempatan luas bekerja dan mendalami pengetahuan di bidang sumberdaya air. Dari November 2003 – April 2005 menjabat sebagai Kepala Badan Penelitian Dan Pengembangan Dep. Kimpraswil dan April 2005 – Mei 2008 menjabat Sekretaris Jendral Departemen Pekerjaan Umum. Mei 2008 sampai saat ini sebagai Kepala Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah.

Dalam perjalanan karirnya ia mendapat berbagai macam tugas yang berkaitan dengan masalah kebijakan, perencanaan, dan pengelolaan dari sumberdaya air.

Penulis adalah salah seorang konseptor utama dalam perumusan berbagai konsep kebijakan strategis sumberdaya air, seperti: Amdal Proyek Pengairan (1980), *Water Resources Planning Guideline* (1982), Perijinan Air (1983), *Project Appraisal* dan *Project Benefit Monitorng dan Evaluation* (1984), Pendekatan Partisipasi Petani dalam Pengelolaan Irigasi (1987), *Demand Management* (1995), Operasionalisasi Pendekatan *River Basin* (*one river, one plan, one management*) ke dalam program *Basin Water Resources Planning* (BWRP = *one river one plan*) dan *Basin Water Resources Management* (BWRM = *one river one management*) Tahun 1995-2003, *Water Resources Capacity Building* (1996-1999), *Hydrological Network dan Databse Management* (1996-1998), Perumusan Agenda dan Konsep Substansi Reformasi Kebijakan Sumberdaya Air/WATSAP (1997-2000), Kelembagaan Dep. Kimpraswil (2001), Perumusan RUU Sumber Daya Air (1999) hingga penetapannya sebagai UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air. Bersama dengan Dr. Robert J. Kodoatie menulis Buku Pengelolaan Bencana Terpadu, Banjir-Longsor-Kekeringan dan Tsunami (2006) dan Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu (2004 dan Edisi Revisi 2008).